

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

Приладобудівний

(повна назва інституту/факультету)

Оптичних та оптико-електронних приладів

(повна назва кафедри)

УДК 535.42

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

В. Г. Колобродов

(підпис)

(ініціали, прізвище)

“ ” _____ 2019р.

Магістерська дисертація

зі спеціальності (спеціалізації):

152 Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка

(код і назва спеціальності)

на тему: Оцінка зношеності паперу за допомогою Фур'є-фільтрації

Виконав: студент 6 курсу, групи ПО-82 мп

(шифр групи)

Павлюк Юрій Миколайович

(прізвище, ім'я, по батькові)

(підпис)

Науковий керівник доцент, к.ф.-м.н. Богатирьова Г.В.

(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

(підпис)

Консультант стартап-проект д.е.н., доцент, Бояринова К.О.

(назва розділу)

(науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ініціали)

(підпис)

Рецензент _____

(посада, науковий ступінь, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

(підпис)

Засвідчую, що у цій магістерській дисертації немає запозичень з праць інших авторів без відповідних посилань.

Студент _____

(підпис)

Київ – 2019 року

РЕФЕРАТ

ОЦІНКА ЗАБРУДНЕНOSTІ ПАПЕРУ ЗА ДОПОМОГОЮ ФУР'Є-ФІЛЬТРАЦІЇ

Обсяг роботи – 106 сторінок

Кількість ілюстрацій – 32

Кількість таблиць – 27

Кількість джерел за переліком посилань – 25

Актуальність. Зробивши аналіз про стан проблеми визначення платоспроможності банкнот в Україні, ми визначили, що можна автоматизувати етап визначення зношеності банкнот для прискорення цього процесу.

Для автоматичного визначення зношеності паперових грошей було запропоновано систему критеріїв оцінки фізичного стану банкнот. В даній роботі на прикладі типових приладів для визначення забрудненості купюр є задача об'єктивної оцінки забрудненості за допомогою оптичної щільності купюри.

Тому актуальним є розробка приладу який дозволяє автоматизувати та пришвидшити перевірку паперу на забрудненість шляхом одночасного сканування лицьового та зворотного сторін банкноти з подальшою цифровою обробкою зображення і сортуванні по ступеню забрудненості.

Мета дослідження: знаходження інженерних рішень для автоматизації процесу обробки зображення.

Завдання дослідження:

1. Проаналізувати процеси оцінки зношеності паперових грошей.
Огляд законодавчої бази та іноземних аналогів.
2. Розробка варіанту конструкції детектора по типу планшетного сканера.
3. Розробка програмного забезпечення на базі Фур'є-аналізу.

4. Розробка стартап-проекту.

Об'єкт дослідження: забрудненість паперу, що потребує контролю, наприклад грошові купюри.

Предмет дослідження: контроль зношеності(параметр забрудненості) паперових грошей методами Фур'є-оптики.

Ключові слова: зношеність, банкнота, еталон, Фур'є-фільтрація.

ANNOTATION

ASSESSING PAPER FILTERING WITH FOURIER FILTRATION

Page count – 106 pages;

Figures – 32 figures;

Tables – 27 tables

Sources used – 25;

Relevance. In the dissertation we have analyzed the problem of determining the solvency of banknotes in Ukraine and determined that it is possible to automate the stage of determining the deterioration of banknotes to speed up this process.

It was proposed the automation system to detect the deterioration of paper money.

On the example of typical devices is the task of objectively assessing dirt using the optical density of denominations.

Therefore, it is important to develop a device that allows you to automate and expedite the checking of paper for contamination by simultaneously scanning the front and back sides of the banknote with subsequent digital image processing and sorting by degree of contamination.

Aiming of thesis:

1. Analyzing the processes of paper money. Review of legislation and foreign analogues.
2. Development of the detector design by the type of tablet scanner.
3. Fourier-based software development.
4. Development of a startup project.

Object of study: paper contamination that requires control, such as banknotes.

Subject of study: the control of wear and tear (contamination parameter) of paper money by Fourier optics.

Key words: paper wear, banknote, benchmark, Fourier filtering.

ПУБЛІКАЦІЇ

1. Павлюк, Ю. М. Оцінка забрудненості паперових грошей / Ю. М. Павлюк, Г. В. Богатирьова // XII Всеукраїнська науково-практична конференція студентів, аспірантів та молодих вчених «Погляд у майбутнє приладобудування», 15-16 травня 2019 р., м. Київ, Україна : збірник праць / КПІ ім. Ігоря Сікорського, ПБФ. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – С. 109–112. – Бібліогр.: 4 назви.

2. XV Науково-практична конференція студентів, аспірантів та молодих вчених «Ефективність інженерних рішень у приладобудуванні», Павлюк Ю.М., Богатирьова Г.В. 10-11 грудня 2019р., КПІ ім. Ігоря Сікорського, м. Київ, Україна.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	9
РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ	10
1.1 Зношення та утилізація банкнот	10
1.1.1 Ознаки зношеності банкнот	10
1.2 Огляд банківського обладнання.....	17
1.2.1. Лічильники банкнот	18
1.2.2 Детектори банкнот	21
1.2.3 Сортувальники банкнот	24
1.3 Вибір критеріїв для автоматичної оцінки зношеності.....	32
1.4 Висновки до розділу.....	37
РОЗДІЛ 2. РОЗРОБКА ВАРІАНТУ КОНСТРУКЦІЇ ДЕТЕКТОРА	38
2.1 Габаритний розрахунок	43
2.1.1 Вибір джерела випромінювання	44
2.1.2 Вибір скла	45
2.1.3 Вибір дзеркал.....	46
2.1.4 Розрахунок об'єктиву	46
2.2 Енергетичний розрахунок.....	52
2.2.1 Вибір приймача випромінювання.....	52
2.2.2 Розрахунок втрат випромінювання в оптичній системі	54
2.2.3 Розрахунок освітленості в площині приймача зображення	56
2.2.4 Розрахунок корисного сигналу на виході приймача випромінювання та відношення “сигнал/шум”.....	58

2.3 Конструкція приладу.....	60
РОЗДІЛ 3. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА.....	64
3.1 Середовище PYTHON.....	65
3.2 Розробка програми	68
3.3 Висновки до розділу.....	76
РОЗДІЛ 4. РОЗРОБКА СТАРТАП ПРОЕКТУ «ПРИЛАД ДЛЯ АВТОМАТИЧНОГО ВИЗНАЧЕННЯ ЗНОШЕНОСТІ ПАПЕРУ»	77
4.1 Опис ідеї проекту	77
4.2 Технологічний аудит ідеї проекту	82
4.3 Аналіз ринкових можливостей запуску стартаппроекту.....	83
4.4 Розроблення ринкової стратегії проекту.....	95
4.5 Розроблення маркетингової програми стартап-проекту.....	98
4.6 Висновки до розділу.....	105
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	106

ВСТУП

В наш час з прогресом в інформаційних технологіях гроші все більше набувають електронного вигляду. Сьогодні ми можемо здійснювати оплату безконтактно гаджетом або картою, але паперові банкноти та монети і досі лишаються у широкому використанні і навряд чи ми зможемо відмовитись від них у найближчому майбутньому. З кожним роком число здійснення фінансових операцій безконтактно збільшується але все ж таки паперовими купюрами ми найбільше проводимо оплату, а тому проблеми, які пов'язані з їх випуском, циркуляцією та утилізацією є дотепер надзвичайно важливими. Особливо питання зношення та утилізації банкнот є найбільш актуальним, тому що для купюр всіх номіналів настає той момент коли вони стають неплатоспроможними, тобто фізично зношені, і їх необхідно вилучити з обігу та замінити на нові. Однак кожний номінал банкнот має свій термін зношеності: дрібні гроші, номіналом 1, 2, 5 грн знаходяться в обігу всього кілька місяців, так як вони найчастіше використовуються при розрахунках, в той час, як купюри більших номіналів знаходяться в обігу кілька років. Також зношеність важливо визначати ще і тому, що усе частіше під старі купюри виготовляють фальшиві гроші. Саме ця робота присвячена проблемі визначення степеню зношеності банкнот: методам та засобам їх реалізації. Ми навмисне уникаємо такого важливого питання, як визначення фальшивих грошей, тому надалі під платоспроможністю матиметься на увазі саме рівень фізичної зношеності банкнот. Для визначення стану досліджень у даній області та перевірки унікальності запропонованого детектора було проведено патентний пошук.

РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

1.1 Зношення та утилізація банкнот

1.1.1 Ознаки зношеності банкнот

Критерії, за якими визначають рівень зношеності банкнот визначаються національними банками держав (Нацбанк України, Федеральна Резервна система США, тощо), також ними здійснюється і утилізація непридатних для подальшого використання банкнот.



Рис.1 Приклад ознак зношеності українських купюр

Згідно з постановою Національного банку України № 134 від 02.01.2019 р. "Про затвердження правил визначення платіжності та обміну банкнот і монет Національного банку" до зношених банкнот належать банкноти, які мають одну або більше з таких ознак зношення або пошкодження:

- потертості, часткова втрата фарби на зображеннях, розпушення паперу, втрата папером жорсткості;
- загальне або локальні забруднення, плями та написи (уключаючи видимі в ультрафіолетових променях), площа кожного з яких менше

або дорівнює 400 мм^2 , колір яких контрастує з кольором навколишнього зображення або навколишньої незадрукованої ділянки банкноти (за винятком банкнот, забруднених спеціальним розчином унаслідок несанкціонованого втручання в спецпристрій для зберігання цінностей та банкнот, пошкоджених під час надзвичайного режиму);

- наявність відбитків штампів/печаток, площа кожного з яких менше або дорівнює 400 мм^2 , уключаючи видимі в ультрафіолетових променях, крім штампів та/або написів про погашення;
- надриви або надрізи довжиною кожний понад 5 мм, що можуть бути склеєні прозорою клейкою полімерною або за допомогою клею паперовою стрічкою завширшки не більше ніж 10 мм у спосіб, який би не призводив до склеювання сусідніх банкнот у корінці;
- отвори та проколи, відірвані краї або кути, площа кожного з яких більша ніж 10 мм^2 .

До зношених монет належать монети, що мають пошкодження (зміна кольору, оплавлення, травлення, спотворення елементів дизайну), що не перешкоджають визначенню номіналу монети та на яких частково збережені зображення аверсу, реверсу та гурту монети.

Ознаками значного зношення або пошкодження є:

- банкноти з утраченими частинами та/або з отворами (дірками), що зберегли цілу частину банкноти, площа якої не менше ніж 55 % її початкової площі;
- банкноти, розірвані (розрізані) на дві частини, на яких збереглись обидва однакові серійні номери, і загальна площа цих частин є не меншою, ніж 55 % початкової площі банкноти;

- банкноти, складені (склеєні) з двох суміжних частин різних банкнот одного номіналу та дизайну, якщо одна з частин має не менше ніж 50 % початкової площі, а загальна площа двох частин становить не менше ніж 100 % початкової площі банкноти;
- загальне або локальні забруднення, плями, написи, (уключаючи видимі в ультрафіолетових променях) площею кожні понад 400 мм², колір яких контрастує з кольором навколишнього зображення або навколишньої незадрукованої ділянки банкноти (за винятком банкнот, забруднених спеціальним розчином унаслідок несанкціонованого втручання в спецпристрій для зберігання цінностей та банкнот, пошкоджених під час надзвичайного режиму);
- наявність відбитків штампів/печаток площею понад 400 мм², включаючи видимі в ультрафіолетових променях, крім штампів та/або написів про погашення;
- банкноти, які в ультрафіолетових променях мають флуоресценцію по всій площині банкноти внаслідок забруднення (за винятком банкнот, забруднених спеціальним розчином унаслідок несанкціонованого втручання в спецпристрій для зберігання цінностей та банкнот, пошкоджених під час надзвичайного режиму);
- банкноти, оброблені спеціальними хімічними реактивами під час проведення оперативних заходів чи слідчих дій;
- банкноти, склеєні з порушенням вимог, установлених підпунктом 4 пункту 8 розділу II цих Правил, що перешкоджає їх обробленню на автоматизованих системах оброблення банкнот;
- банкноти, розірвані (розрізані) на дві частини, на яких відсутній хоча б один серійний номер, і загальна площа цих частин є не меншою, ніж 55 % початкової площі банкноти;

- банкноти, розірвані (розрізані) на три або більше частин, уключаючи склеєні, якщо не менше ніж 55 % загальної площі частин, що залишилися, безумовно належать одній банкноті;
- банкноти, пошкоджені під час надзвичайного режиму - банкноти пошкоджені відповідно до умов нормативно-правового акта з питань організації роботи банківської системи в надзвичайному режимі в редакції, що діяла під час такого надзвичайного режиму (у разі наявності відповідних документів банку та/або правоохоронних органів чи суду щодо необхідності обміну таких банкнот);
- заламіновані банкноти;
- банкноти, пошкоджені вогнем, водою, різними рідинами або хімікатами (за винятком банкнот, забруднених спеціальним розчином унаслідок несанкціонованого втручання в спецпристрій для зберігання цінностей та банкнот, пошкоджених під час надзвичайного режиму), які спричинили флюоресценцію, деструкцію та обвуглення паперу на окремих ділянках або по всій площі банкноти, якщо разом з пошкодженими ділянками збереглося не менше ніж 55% її початкової площі;
- банкноти, забруднені хімічними та радіоактивними речовинами, будь-якими токсичними органічними субстанціями, що впливають або за певних умов можуть негативно впливати на здоров'я людини;
- банкноти, забруднені спеціальним розчином унаслідок несанкціонованого втручання в спецпристрій для зберігання цінностей (у разі наявності відповідних документів банку та/або правоохоронних органів чи суду щодо необхідності обміну таких банкнот) [1].

Головний критерій платоспроможності - якщо втрачено частину купюри, то площа решти повинна складати не менше 55 відсотків від оригіналу (інакше гроші почали б розмножуватися поділом). Згідно з пунктом 21 положення про проведення касових операцій у національній валюті в Україні, затвердженого постановою правління НБУ від 29.12.2017 № 148 [2].

Суб'єкти господарювання під час здійснення розрахунків із споживачами за готівку зобов'язані приймати в оплату за продукцію (товари, роботи, послуги) без обмежень банкноти і монети (у тому числі і зношені) всіх номіналів, які випускає Національний банк України, які є дійсним засобом платежу та не викликають сумнівів у їх платоспроможності. Тобто зношеними грошима можна розрахуватися в магазині або банку. Загалом, суб'єкти господарювання мають право запропонувати споживачу звернутися до будь-якого банку (філії, відділення) із сумнівними банкнотами та монетами стосовно вирішення питання щодо їх справжності та платіжності відповідно до нормативно-правового акта Національного банку України з питань ведення касових операцій банками України [2].

такої заміни.

Після того, як сумнівні купюри передають на інкасо до відділення Нацбанку їх перевіряє працівник банку на наявність ознак зношеності [2]. В Україні критерії зношеності недостатньо чітко визначені. Так, наприклад, отвори та розрізи мають визначені допустимі розміри, а потертість та втрата фарби не має якихось конкретних допустимих значень. Це вносить деяку суб'єктивність при визначенні платоспроможності банкноти (рис. 1.1).



Рис. 1.1. Проведення експертизи грошових знаків

Цю проблему у Росії вирішено шляхом застосування спектрофотометричного обладнання – до зношених відносять банкноти, яскравість зображення яких у системі CIE LAB знизилась на 8% і більше[4]. У США для цих цілей використовують денситометр [5]. Вимірюючи оптичну щільність D можна визначити забрудненість або потертість банкнот – при зміні товщини шару фарби змінюється її оптична щільність. Так при значній забрудненості значення D збільшується, а при потертості чорнил – зменшується. Також така ручна перевірка займає відносно багато часу.

Також варто зазначити, що зношеність банкнот дуже важлива при роботі з банкоматами, адже банкомати мають дещо «завищені» вимоги до фізичного стану грошей для забезпечення нормальної роботи усіх механізмів та виключення пошкодження банкнот всередині банкомату.

Для усунення багатьох недоліків процесу визначення платоспроможності запропоновано метод автоматичного визначення рівня зношеності банкнот. Але для його реалізації спочатку треба уточнити існуючі в Україні критерії зношеності. Більш детально про це йтиметься в наступних розділах.

На сьогоднішній день усе ж більшість операцій з готівкою проводиться з використанням спеціального банківського обладнання. Сучасне банківське обладнання виконує широкий спектр функцій, в тому

числі визначення рівня зношеності банкнот. Розглянемо детальніше можливості, а також переваги та недоліки існуючих банківських пристроїв.

З іноземною валютою дещо складніше, оскільки безоплатно обміняти на нові купюри ви можете лише у країнах-емітентах, наприклад, під час подорожі. Також банк може передати купюри на інкасо у відповідний банк за кордоном.

Якщо купюри дуже сильно пошкоджені (обгорілі, зазнали дії кислоти) і у працівника банку виникають сумніви щодо автентичності грошей, то такі купюри приймаються на інкасо, тобто на експертизу до територіального управління Національного банку. У такому випадку банком стягується комісія у розмірі 5-10% від суми, яку здано на інкасо. Якщо платоспроможність буде підтверджено, то буде здійснено заміну банкнот на нові. На інкасо найчастіше приймаються купюри які:

- втратили реквізити та знаки захисту;
- залито повністю;
- розірвані на частини і втратили реквізити та знаки захисту;
- втратили колір;
- мають штучно змінений малюнок;
- обпалені та такі, що піддалися дії кислот.

Утилізують гроші у різних країнах по-різному. Але загалом цей процес виглядає наступним чином. У спеціальному апараті банкноти подрібнюються на смужки шириною 1-2 мм і довжиною до 5 мм. Потім цю стружку пресують у брикети вагою 1кг [3]. Зв'язуючим компонентом при цьому є жир, який присутній на старих банкнотах, оскільки ті пройшли крізь тисячі рук. Після цього пресовані брикети, в основному, вивозять на звалище. Деякі компанії так обрізають для виготовлення бітуму.



Рис. 1.2. Утилізація банкнот.

У деяких країнах з грошової стружки виготовляють добрива. Але такі пресовані брикети екологічно небезпечні. В банкнотах багато важких металів, токсинів та канцерогенів. Тому у великих кількостях порізані на смужки купюри представляють загрозу для здоров'я. Раніше гроші спалювали на цементних заводах. Але такий спосіб також небезпечний. При спалюванні шкідливі речовини потрапляють спочатку в повітря, а потім – в ґрунт та рослини. Ось чому не слід також просто викидати пресовані банкноти на звалище. Сьогодні такі відходи обробляють – нейтралізують токсичні речовини та зв'язують важкі метали, які в них містяться. Після чого із перероблених купюр можна виготовляти будівельні матеріали (наповнювачі бетонних блоків, утеплювачі). Банкноти на 90% складаються з бавовни, а це – прекрасний тепло-ізолятор. В Україні з такої паперової маси роблять сувеніри, в Казахстані нею топлять ТЕЦ.

1.2 Огляд банківського обладнання

Усі види банківського обладнання, яке застосовується на різних етапах обробки банкнот (при перевірці автентичності, перерахунку, сортуванні, упаковці, видачі, тощо) об'єднуються загальним поняттям пристроїв обробки банкнот [6]. Однак в контексті визначення зношеності

нас цікавлять два види банківського обладнання, а саме детектори та лічильники (сюди ж відносяться і сортувальники).

1.2.1. Лічильники банкнот

Лічильники банкнот займають особливе місце серед обладнання для обробки готівки. Така техніка отримала широке розповсюдження не тільки в банках, де необхідна обробка великої кількості готівки, але і в невеликих магазинах, офісах – там, де обсяги готівки відносно невеликі (рис. 1.3). Автоматичні машини для лічби банкнот з'явилися у 1920-х рр.

Машини для лічби банкнот призначені для підрахунку грошових купюр і цінних паперів, вони займають особливе місце серед устаткування для обробки готівки. Така техніка отримала широке поширення не тільки в банках і касових центрах, а й в магазинах, офісах, та інших установах, де обсяги оброблюваної готівки відносно невеликі.

Грошово-рахункові машини за способом роботи мають чотири основні групи:

- Ролико-фрикційні.
- Вакуумні.
- Шпиндельні.

По суті ці групи характеризують механізм розділення купюр, спосіб, за допомогою якого банкноти відділяються одна від одної для подальшого перерахунку і контролю. Найбільшою популярністю користуються ролико-фрикційні моделі.

У моделях цього класу захоплення банкнот з пачки здійснюється за допомогою спеціальних гумових або поліуретанових роликів. У всіх ролико-фрикційних моделях використовується три механізми перерахунку:

- Механізм подачі - забезпечує обертання подаючих роликів.

- Механізм поділу - забезпечує взаємодію ролика тертя і односпрямованого розділового ролика.
- Механізм укладання - забезпечує рівномірну укладку пачки.

У конструкції цих моделей для рахунку і перевірки купюр використовується, як правило, п'ять парних (випромінювач і приймач) інфрачервоних рахункових датчиків – для рахунки, контролю товщини, прийому, запуску і контролю швидкості. Інформація з цих датчиків передається на процесор для подальшої обробки та видачі керуючих сигналів. Існують грошово-рахункові машини з одним або двома двигунами - один для механізму подачі, а інший для механізму укладання, що дає значні переваги в порівнянні з моделями з одним двигуном (менше передавальних ланок, краще якість рахунку). Майже всі моделі використовують поліуретанові ролики тим самим збільшуючи термін експлуатації, а в дорогих моделях напрямні колеса виготовлені зі спеціальної пластичної гуми, яка довго зберігає свої властивості і не вбирає з перерахованих банкнот бруд і жир. Таким чином повністю виключаються будь-які проблеми із пере листуванням банкнот. У більшості моделей використовуються детектори фальшивих грошей по ультрафіолету, магнітним міткам, розмірами, за товщиною та інфрачервоними мітками.

Усі лічильники рахують банкноти приблизно по одному й тому ж самому принципу [6]: за допомогою системи роликів лічильник захвачує із завантажувального бункера банкноти по одній, транспортує її по тракту та складає в приймальний лоток. Проходячи по тракту, купюри переривають світловий потік, визначаючи тим самим їх кількість. Інший тип лічильників – вакуумний, в них перерахунок ведеться по кутку банкнот, де розміщені спеціальні головки. Таким чином обробляються купюри, запаковані в пачки та перев'язані бумажною стрічкою в одному напрямку. Як правило, швидкість лічби може досягати 600/1200/1500 банкнот за хвилину.

Лічильники розраховані на банкноти, допустимі розміри яких лежать в межах 100-190 мм для довжини і 50-95 мм для ширини. Ці діапазони включають «габарити» всіх найпоширеніших валют. Наприклад, параметри 100- доларової банкноти 156х67 мм.



Рис. 1.3 Пристрій для лічби банкнот (лічильник).

Основний параметр лічильника – це його продуктивність, тобто необхідно визначити, який об’єм готівки потрібно обробити:

- для малих об’ємів готівки (офісний клас), до них відносять недорогі малопродуктивні лічильники, неперервний час роботи яких складає менше 4 годин;
- для середніх об’ємів готівки (середній клас), неперервний час роботи яких не перевищує 8-ми годин;
- для великих об’ємів готівки (банківський клас), час неперервної експлуатації лічильників може досягати 22-23 години на добу.

Ми вже можемо бачити, що лічильник різняться за своїми можливостями, на ринку присутні як прості лічильники, так і наявні більш складні моделі, які можуть виконувати функції детекції фальшивих банкнот. Таким чином лічильники дещо беруть на себе роль детекторів. Про них буде сказано пізніше.

З розвитком банківської техніки лічильники набули функцій сортування – це вже не являється лічильником в чистому вигляді, так як окрім рахування банкнот може виконуватись сортування за номіналом, орієнтацією банкноти, роком емісії, тощо. В лічильниках передбачено кілька режимів роботи з готівкою, в основному це:

- рахування змішаної пачки по номіналу;
- відбір одного номіналу;
- відбір банкнот одного номіналу і положення;
- відбір банкнот одного номіналу в одній орієнтації і положенні банкнот;
- сортування за станом банкнот;
- просте рахування по кількості.

Інформація про виконання операцій та результати роботи відображаються на дисплеї. В лічильниках, як правило, передбачено можливість виведення на друк результатів, а також сканування та друк серійних номерів банкнот.

1.2.2 Детектори банкнот

Детектори банкнот – прилади, які дозволяють перевіряти автентичність грошових знаків (цінних паперів). Однак, більшість детекторів є «багато-валютні» [7], тобто налаштовані на детекцію елементів захисту, які присутні майже у кожній валюті.

Детектори можуть класифікуватись по кільком ознакам:

Стаціонарні та переносні.

Стаціонарні можуть використовуватись на робочому місці та живляться від мережі. Переносні (рис. 1.4) працюють на батарейках і є

портативними. Такі детектори більш прості, а отже і менш потужні та надійні.



Рис. 1.4. Лупа виносна оптична DORS 10.

Автоматичні та візуальні.

Детектор візуального типу (рис. 1.5) допомагає касиру бачити ті чи інші мітки, після чого він сам робить висновок про автентичність банкноти. В детекторах автоматичного типу (рис.1.6) за допомогою роликового механізму купюри проводяться через ряд датчиків, а результат перевірки визначається відповідним індикатором або виводиться на дисплей.



Рис. 1.5 Візуальний детектор банкнот DoCash DVM Big.



Рис. 1.6 Автоматичний детектор банкнот DORS 220.

По типу детекції

Усі банкноти забезпечуються різними елементами захисту, кожен з яких підлягає окремій перевірці – це і визначає тип детекції. Існують детектори валют, які виконують тільки один вид детекції, деякі можуть проводити 2-3 види контролю, окрім цього існують і мультидетектори (10 і більше видів контролю). Найпоширенішими є ультрафіолетові (УФ), інфрачервоні (ІЧ), магнітні та їх комбінації.

УФ-детектори дають можливість виявити захисні мітки, що світяться в УФ світлі. Ці детектори найбільш поширені, але не дуже надійні. Додатково вони можуть мати нижнє біле світло (для перевірки водяних знаків), верхнє біле світло (допомагає роздивитись купюру або перевірити її розмір за допомогою спеціальних міток на робочому столі детектора), лупу (збільшення до 10 крат).

ІЧ-детектори виявляють наявність інфрачервоних міток (рис. 1.7), нанесених спеціальними метамерними фарбами. Вважається, що підробка ІЧ-міток досить трудомістка та дорога, тому захист банкнот саме таким способом – один із найбільш надійних.

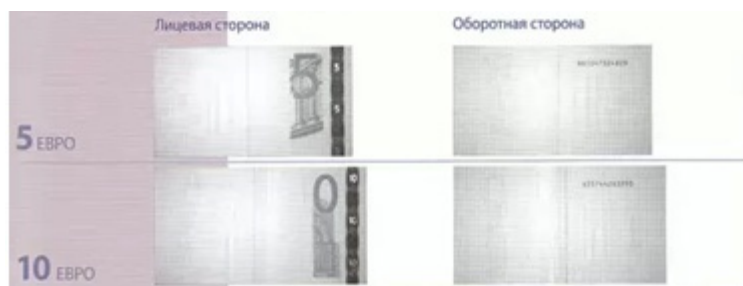


Рис. 1.7 Зображення євро в інфрачервоних променях

Магнітні детектори здатні виявляти фальшиві купюри, реагуючи на спеціальні фарби, які мають магнітні властивості. Магнітною фарбою часто друкують серійні номери або фрагменти металографічного малюнка. Захист досить надійний.

1.2.3 Сортивальники банкнот

Протягом багатьох років лічильники і детектори банкнот були основними інструментами касирів при роботі з паперовими грошима. Спочатку їх використовували роздільно, потім з'явилися лічильники з функцією детекції, що поєднують обидва пристрої в одному[8]. Оскільки запропонований нами прилад за своїм функціональним призначенням найбільш наближений до сортувальних машин, то розглянемо їх більш детально.

В останні роки на світовому ринку можна зустріти апарати, здатні не тільки одночасно рахувати гроші і визначати їх автентичність, а й автоматично відсіювати підозрілі купюри, не зупиняючи рахунку, і навіть розділяти купюри по різних категоріях. Мова йде про лічильно-грошові машини (ЛГМ) з функцією визначення номіналу (так звані міні-сортувальники) і лічильно-сортувальні машини (ЛСМ), або просто сортувальники банкнот.

Незважаючи на високу вартість пристроїв, їх частка на ринку обладнання для обробки банкнот постійно збільшується. Це не дивно, адже вони дозволяють економити найважливіший ресурс - час оператора. Швидкість обробки грошової маси з їх допомогою значно вище, ніж при

застосуванні звичайних лічильників і детекторів, не кажучи вже про те, що вони виконують значну частину тієї роботи, яку раніше доводилося робити вручну.

Історія сортувальних машин бере початок з кінця 80-х, коли розробкою апаратів, здатних розпізнавати і розсортовувати банкноти за заданими параметрами, зайнялися великі європейські компанії - Giesecke & Devrient (скорочено G&D, Німеччина) і De La Rue (Великобританія). Обидва концерну тісно пов'язані з грошима: виробляють папір для друку купюр і володіють ліцензією на випуск самих грошових квитків, не кажучи вже про широке виробництво різного устаткування для обробки банкнот. Досвід в області роботи з паперовими грошима дозволив розробникам цих компаній створити перші лічильно-сортувальні машини. Це були механізми дуже великого розміру, які застосовувалися для обробки грошової маси в сховищах центральних банків Європи.

З тих пір сортувальники зазнали чималих змін - як у вигляді, так і в функціях. В ході розвитку цієї техніки розміри апаратів стали зменшуватися, а їх функціональні можливості - збільшуватися. Сьогодні до числа провідних виробників лічильно-сортувальних машин, крім Giesecke & Devrient і De La Rue, слід віднести японські Glory і Laurel, південнокорейський Kisan. У українських банках можна зустріти і сортувальник української розробки «Банкнота 1 КУ» яка виготовлена на заводі «Арсенал». Крім того з'явилися апарати англійської фірми Talaris.

На відміну від лічильників і детекторів валют, яких на вітчизняному ринку можна зустріти, виробників великих банківських машин можна перерахувати по пальцях. Почасти це пов'язано з тим, що ЛСМ - складне і дороге обладнання, що вимагає від виробника володіння технологіями.

Так в Центральному сховищі Національного банку України були проведені випробування машини для сортування банкнот "Барс" (виробник - Росія) в реальному режимі обробки банкнот протягом

місяця. Як показали випробування запропонований сортувальник настільного типу є сучасною системою обробки банкнот. Він комплектується сучасними датчиками, гнучким програмним забезпеченням. Принцип аналізу банкнот побудований на аналізі банкнот в видимому, інфрачервоному і ультрафіолетовому спектрі. Додатково вони обладнані магнітним датчиком і датчиком сдвоєності. Сортувальник банкнот "Барс" забезпечує можливість настройки програмного забезпечення на новий вид банкнот.

Машина має малу споживану потужність, невеликі габарити. На високому рівні забезпечується контроль справжності банкнотів і визначення фальшивок.

Враховуючи результати випробувань, а також те, що машина розробляється під технологію обробки інкасованої готівки в комерційних банках, дану машину можна рекомендувати комерційним банкам для використання при обробці банкнот, що надходять із торгівлі та сфери послуг[8].

Застосування лічильно-сортувальних машин у банках регламентовано Постановою НБУ № 103 від 25 вересня 2018 року. Згідно з ним, «що готівка, яка передається банку (філії, відділенню) для повторного випуску в обіг має проходити автоматизовану обробку з метою забезпечення готівки в обігу належної якості, а також недопущення банками (філіями, відділеннями) здійснювати повторний випуск в обіг непридатних до обігу банкнот, які потребують обов'язкового вилучення та/або дослідження, як сумнівні»[9].

Продукція, що поставляється для банків, повинна відповідати вимогам НБУ. Інформацію про апарати, які пройшли тестування, НБУ розміщує на власному офіційному сайті. На даний момент в список входять деякі апарати Giesecke & Devrient (рис. 1.8), De La Rue, Kisan, Laurel, Glory, а також «Банкнота 1 КУ».



Рис. 1.8 Сортиувальник банкнот (ЛСМ) BPS 204 / 208, Giesecke & Devrient.

Різні фінансові установи використовують різні сортувальні машини відповідно до обсягів готівки, які необхідно опрацювати:

Розрахунково-касові вузли Національного Банку і найбільших комерційних банків вимагають найпотужніших зразків сортувальної техніки, здатних працювати в розширених (до шести-восьми кишень) версіях з великою кількістю номіналів, які забезпечують перевірку банкнот по зношеності. До таких ЛСМ відносяться, наприклад, De La Rue 7000 і Cobra, G & D BPS-1000, BPS-500 і BPS-200, Glory UW-500 і UW-500 Long, Laurel серії К, «Банкнота 1 КУ» (рис. 1.9) та інші. Служать такі апарати в розрахунково-касових центрах банків і обробляють великий потік готівки, працюючи при необхідності цілодобово. Ціна таких машин, як правило, перевищує 270 тис. грн.



Рис.1.9 Професійна лічильно-сортувальна машина «Банкнота 1 КУ»

В розрахунково-касових вузлах менш великих комерційних банків затребувані ЛСМ з меншим числом накопичувачів і не настільки високою, як у пристроїв першого рівня, ціною - наприклад De La Rue Kalebra, G & D BPS-200 і Numeron, Kisan K-500 Pro (рис.1.10). Вартість таких машин близько 200 тис. грн.



Рис. 1.10 Сортувальник банкнот Kisan K-500 Pro

Організації, що працюють з великим обсягом готівки і не потребують сортування по зношеності (наприклад касові центри великих торгових компаній), використовують ЛГМ з двома і більше кишнями:

Glory GFR-220, Jisan MC-2000 S / N, Kisan Newton, Laurel X1 , Magner 150, MSD 1000, Plus P 624, Pro SFIC, SBM SB-1100 і SB-1050, Unixcam 1500.



Рис. 1.11 Міні-сортувальник банкнот Unixcam 1500

У першу чергу перевага сортувальника - це пришвидшення процесу обробки банкнот. Далі ми розглянемо лічильно-сортувальні машини по їх здатності виконувати ту чи іншу операцію за один прогін (одноразовий прохід пачки грошей через апарат). В цьому випадку визначальним фактором стає кількість кишень.

Однокишенькові лічильники з функцією визначення номіналу - це невеликі апарати, багато в чому схожі із звичайними лічильниками банкнот, що мають функцію детекції. Якщо лічильник під час перерахунку пачки виявляє купюру, що викликає у нього підозри, він зупиняє процес і очікує, коли купюру витягнуть. Кожна така зупинка - це трата часу оператора, а при обробці великого масиву грошей подібна обмеженість лічильника не зовсім зручна. Апарати спрощують життя, але не сильно. Як приклад - DoCash 3200 Value, Laurel G1, Pro Party UIR, Union Century Value.

Двокишенькові (1 +1) лічильники (сортувальники) - це ЛГМ з функцією визначення номіналу. Мають два приймальних відсіки для грошей. Настільки незначна, здавалося б, деталь дає суттєву перевагу. Міні-сортувальник всі підозрілі купюри відкидає в окрему кишеньку, його головна перевага - безупинна робота. Однак при тому, що ці пристрої підтримують сортування за більшістю параметрів, притаманних серйозним ЛСМ, за один прогін вони можуть повністю провести сортування лише по одному параметру, наприклад по автентичності. Всі інші типи сортування (орієнтація, номінал та інші) потребують декількох прогонів пачки через апарат.

Клас двокишенькових лічильно-грошових машин з функцією визначення номіналу представлений на вітчизняному ринку такими моделями як: Glory GFR 220, Jisan MC-2000, Kisan Newton, Laurel X1, Magner 150 Digital, MSD 1000, Plus P-624, Pro SFIC , SBM SB-1100 і SB-1050, Unixcam 1500 (рис. 1.12).



Рис. 1.12 Приклади двокишенькових ЛГМ.

Трьохкишенькові (2 +1) машини за один прогін можуть відсортувати в різні накопичувачі банкноти за двома параметрами сортування (обмежена числом кишень, насправді функцій сортування може бути більше): зношеність (фізичний стан) і автентичність (з відсортуванням підозрілих банкнот - фальшивих або тих, що не задовольняють критерії програми). Апаратів цього класу на ринку представлено мало. Як приклад - Julong JL-303, Sallen SF3 і G & D Numeron. У двох останніх моделей роль реджекта (спеціальний відсік для підозрілих або відсортованих банкнот) за необхідності виконує одна із трьох повноцінних кишень, здатна працювати так само, як накопичувач для відсортованої готівки.

Чотирьохкишенькові (3 +1), крім відсіювання підозрілих банкнот, можуть розділяти за один прогін купюри по трьом фізичним станам: автентичні придатні, автентичні зношені (старі) і АТМ - підходящі для використання в банкоматах. За два прогони ці машини відсортовують купюри по орієнтації, ще за два - за номіналом. До сортувальника з трьома накопичувачами і одним реджектом відносяться De La Rue Kalebra/1000, Glory UW-120, «Барс 3000».

П'ятикишеньковим (4 +1) під силу за один раз відсортувати банкноти по всіх чотирьох видах орієнтації. До таких пристроїв відносяться Julong JL-305, G & D BPS 204, Kisan K-500 Pro, De La Rue Cobra 4004, Laurel K4, Glory UW-500, «Барс 3000», «Банкнота 1 КУ».

Апарати з шістьма кишенями і вище (5 +1, 6 +1 і т. д.) за один прогін сортують змішану пачку по всіх номіналах. Справитися з цим завданням зможуть такі моделі, як Glory UW-220 (сім накопичувачів), G & D BPS 208 (вісім накопичувачів без урахування реджекта), Laurel K8 (вісім накопичувачів), Glory UW-500 Long (сім накопичувачів) (рис. 1.13), De La Rue Cobra , оснащений модулем з додатковими кишенями, «Барс 3000» (від 3 до 24 накопичувачів)[10].



Рис. 1.13 Сортувальник банкнот Glory UW-500 Long (UW-600)

Тут також варто додати, що в міру збільшення розмірів машин зростає не тільки їх функціональність і швидкість роботи, але і якість детекції. Справа в тому, що малі розміри приладів базового рівня вимагають оснащення компактними блоками детекторів і сканерів (на великі бракує місця), та й часу на обробку даних по банкноті машині відпущено трохи менше - адже довжина тракту у міні-сортувальників менше, ніж у багатокішенькових апаратів. Великі машини не обмежені в розмірах детекторів, обладнані потужнішими датчиками і обробляють інформацію про купюри ретельніше. При всьому цьому якість детекції навіть міні-

сортувальників перевищує якість у звичайних лічильників з функцією детекції.

Сортувальники можна поділити на одновалютні та мультивалютні. Одновалютні виконують всі операції тільки з грошима однієї певної валюти (в Україні, як правило, це машини для сортування гривень). Мультивалютні вміють розпізнавати купюри декількох валют - зазвичай трьох. В Україні зазвичай це апарати для роботи з гривнями UAH, доларами США USD і євро EUR. Однак, виробники можуть поставити на замовлення устаткування і з підтримкою інших валют. Чи зможе машина обробляти одну або декілька валют, залежить, в першу чергу, від встановленої програми.

Деякі моделі допускають перепрограмування, після якого одновалютний сортувальник стає мультивалютним - це зручно, якщо спочатку організація придбала пристрій для роботи з одним типом грошей, а пізніше знадобилася обробка двох або трьох видів валют. Інші машини для такої «всеїдності» вимагатимуть повної заміни ПО (перепрошивка) або заміни плати. До речі, сортувальники часто допускають зміни програми - «перепрошивка» необхідна, наприклад, якщо з'явилися нові типи фальшивок або випущені нові модифікації банкнот, і апарат повинен врахувати ці дані і проводити перевірку, вже спираючись на оновлену програму.

1.3 Вибір критеріїв для автоматичної оцінки зношеності

У Сполучених Штатах Америки ознаки зношеності купюр визначаються автоматично за допомогою денситометра [9]. У країнах Євросоюзу встановлені мінімальні вимоги до стану купюр як для ручного, так і для автоматичного контролю [10]. Однак деякі ознаки все ж необхідно визначати візуально або, в разі автоматичного контролю, вони є необов'язковими.

При автоматичному контролі ці параметри вимірюються за допомогою денситометра шляхом вимірювання оптичної щільності D купюри в відбитому світлі.

$$D = \lg \frac{\Phi_0}{\Phi} \quad (1)$$

де Φ_0 - потужність пучка, що падає на купюру, Φ - потужність пучка що відбився.

Величина оптичної щільності залежить від товщини шару фарби. Чим тонший шар фарби на папері, тим нижче вимірюється щільність. Таким чином можна контролювати ступінь потертості чорнила. При значному забрудненні купюр значення оптичної щільності збільшується. За такого методу проводиться контроль забруднення і потертості, а також втрати жорсткості купюр в США (рис.2.1). На кожній купюрі визначені 10 контрольних точок, в яких проводяться вимірювання оптичної щільності [9]. Середнє значення щільності по цим точкам дає середню щільність почорніння всієї купюри.



Рис.2.1 Зображення контрольних точок, за якими відбувається вимірювання оптичної щільності.

Отримані значення порівнюються з гранично допустимими значеннями забрудненості і потертості чорнила, після чого приймається рішення щодо придатності купюри для подальшого використання.

Для того щоб автоматизувати, а, отже, прискорити процес визначення ступеня старості грошових знаків варто звернутися до методу сканування

зображення. Нижче наведено етапи, згідно з якими буде проводитися сортування купюр на платоспроможні і неплатоспроможні[11](рис. 2.2):

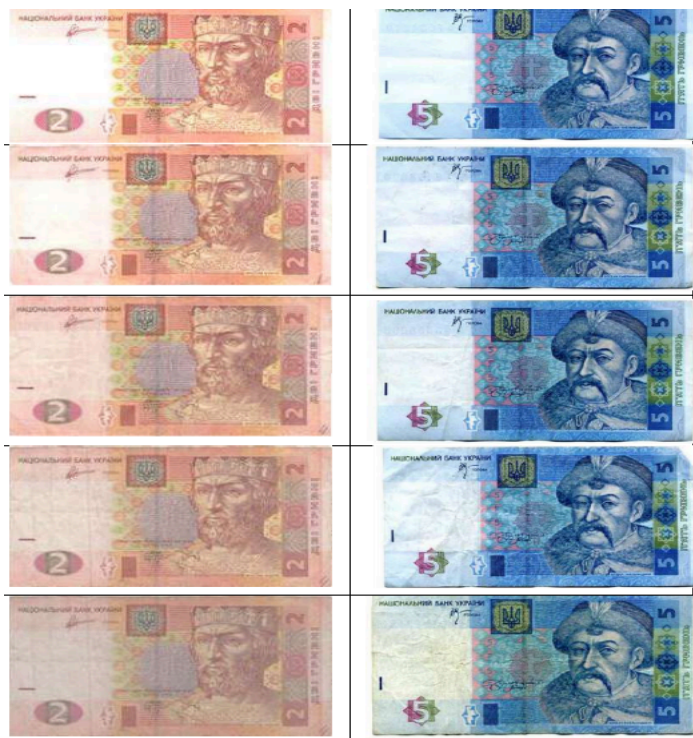


Рис.2.2 Приклади купюр по ступеню придатності для сканування та сортування

Проаналізувавши критерії зношеності цих країн, ми запропонували [12] уточнені критерії визначення зношеності банкнот в Україні. Постанова Правління Національного банку України № 103 від 25.09.18 р. "Про затвердження Інструкції про ведення касових операцій банками в Україні" регламентує критерії оцінки якості сортування банкнот [13] (табл. 2.1).

Таблиця 2.1
Критерії оцінки якості сортування банкнот

№ з/п	Захисні ознаки та ознаки пошкодження банкнот,	Опис захисних ознак та ознак пошкодження	Вимоги до критеріїв якості сортування банкнот
-------	---	--	---

	що мають бути перевірені	ння банкнот	
1	Захисні ознаки, видимі в інфрачерв оному діапазоні	Опис захисних ознак банкнот гривні наведений на сторінці офіційного Інтернет- представн ицтва Національ ного банку України, у виданнях та повідомле ннях Національ ного банку України	Обов'язкова перевірка наявності таких захисних ознак: видимих в інфрачервоних променях, із розпізнаванням їх належності до банкнот відповідного номіналу; видимих в ультрафіолетових променях, із перевіркою відсутності флюоресценції паперу банкноти; з магнітними властивостями. Ідентифікація інших захисних ознак має здійснюватися в разі наявності технічних можливостей обладнання для автоматизованого оброблення банкнот. Банкнота вважається сумнівною, якщо немає хоча б однієї з захисних ознак або ознака втратила свої властивості через пошкодження, зношення або спотворення, унаслідок чого неможливо однозначно ідентифікувати номінал банкноти та її справжність
2	Захисні ознаки, видимі в ультрафіол етовому діапазоні		
3	Захисні ознаки з магнітним и властивост ями		
4	Інші захисні ознаки		
5	Надрив	Відкритий надрид із будь-якого краю банкноти	Банкнота вважається не придатною до обігу, якщо вона має відкритий надрид з будь-якого краю, розмір якого (ширина, довжина) перевищує такі значення: вертикальний надрид - 4 x 8 мм; горизонтальний – 4 x 15 мм; діагональний – 4 x 18 мм (довжина діагонального розриву визначається як прямокутна проекція), крім місць, що закриті транспортними ремнями обладнання для автоматизованого оброблення банкнот
6	Склеєна банкнота	Окремі частини банкноти або розриви на банкноті, склеєні з використа	Банкнота вважається не придатною до обігу, якщо вона має наклею понад 10 x 40 мм, товщина якої перевищує 50 мкм

		нням клею клейкої стрічки або паперу, скріпленог о клеєм	
7	Отвір	Відсутні частини у будь-яких місцях банкноти, крім країв	Банкнота вважається не придатною до обігу, якщо в будь-яких місцях на ній є отвір понад 10 мм ² , крім тих, що закриті транспортними ремнями обладнання для автоматизованого оброблення банкнот
8	Відсутня частина	Відсутні частини вздовж краю банкноти, крім кутів	Банкнота вважається не придатною до обігу, якщо її довжина зменшена на 6 мм чи більше або її ширина зменшена на 5 мм чи більше
9	Відсутній кут	Відсутні кути в банкнотах	Банкнота вважається не придатною до обігу, якщо площа відсутнього кута перевищує 150 мм ² , а довжина меншої сторони відсутнього кута перевищує 10 мм
10	Зім'ята банкнота	Невпорядк овані складки або згини на банкноті	Банкнота вважається не придатною до обігу, якщо на ній є складки або згини, які призводять до зменшення довжини банкноти більше ніж на 6 мм або ширини банкноти більше ніж на 5 мм
11	Локальне забруднен ня	Локалізова на концентра ція бруду у вигляді плям, малюнків, відбитків штампів, колір яких контрастує з навколишні ми	Банкнота вважається не придатною до обігу, якщо на ній є локальне забруднення, розміри якого більші ніж 10 x 10 мм на тих її частинах, що не містять друкованих літер чи зображення, або більші ніж 15 x 15 мм на тих, що містять друковані літери чи зображення

		незабрудненими частинами банкноти	
12	Загальне забруднення	Розподіл бруду на всій банкноті	Банкнота вважається не придатною до обігу, якщо внаслідок загального забруднення збільшена її оптична щільність. Визначення критеріїв непридатності банкноти до обігу за цією ознакою здійснюється на основі експертної оцінки рівня її забруднення під час налагодження обладнання для автоматизованого оброблення банкнот
13	Зношення банкноти	Структурні зміни, пов'язані із зменшенням жорсткості банкноти	Банкнота вважається не придатною до обігу, якщо внаслідок потертості, часткової втрати фарби, розпушення паперу, втрати папером жорсткості зменшена її оптична щільність. Визначення критеріїв непридатності банкноти до обігу за цією ознакою здійснюється на основі експертної оцінки рівня її зношення під час налагодження обладнання для автоматизованого оброблення банкнот

1.4 Висновки до розділу

Зробивши аналіз про стан проблеми визначення платоспроможності банкнот в Україні, ми визначили, що можна автоматизувати етап визначення зношеності банкнот для прискорення цього процесу.

Для автоматичного визначення зношеності паперових грошей було запропоновано систему критеріїв оцінки фізичного стану банкнот. До них можна віднести: загальну забрудненість банкноти, наявність отворів, плям або сторонніх написів, потертість фарби, відірвані краї та надриви. Для реалізації цього методу було розроблено схему приладу, який можна віднести до класу банківського обладнання.

РОЗДІЛ 2. РОЗРОБКА ВАРІАНТУ КОНСТРУКЦІЇ ДЕТЕКТОРА

Для зменшення загального часу аналізу купюр, їх сканування відбувається за один прохід за рахунок наявності двох оптичних блоків – для лицьового та зворотного сторін купюри. Контакт з купюрою відбувається через захисне скло. Світло від джерела випромінювання (лампа з холодним катодом) відбивається від поверхні банкноти (рис. 2.1). Отриманий світловий потік за допомогою системи дзеркал і об'єктиву фокусується на світлочутливі матриці (ПЗЗ-лінійка). Відповідний до світлового потоку електричний сигнал підсилюється до рівня, необхідного для подальшої обробки та надходить до плати керування. Саме плата керування відповідає за узгоджену роботу усіх компонентів та блоків приладу. Прилад може підключатись до комп'ютера для передачі результатів сортування банкнот. Для забезпечення роботи вузлів приладу передбачено блок живлення. Рух банкнот всередині детектора здійснюється за допомогою транспортної стрічки. Її рух забезпечується кроковим двигуном та системою роликів.

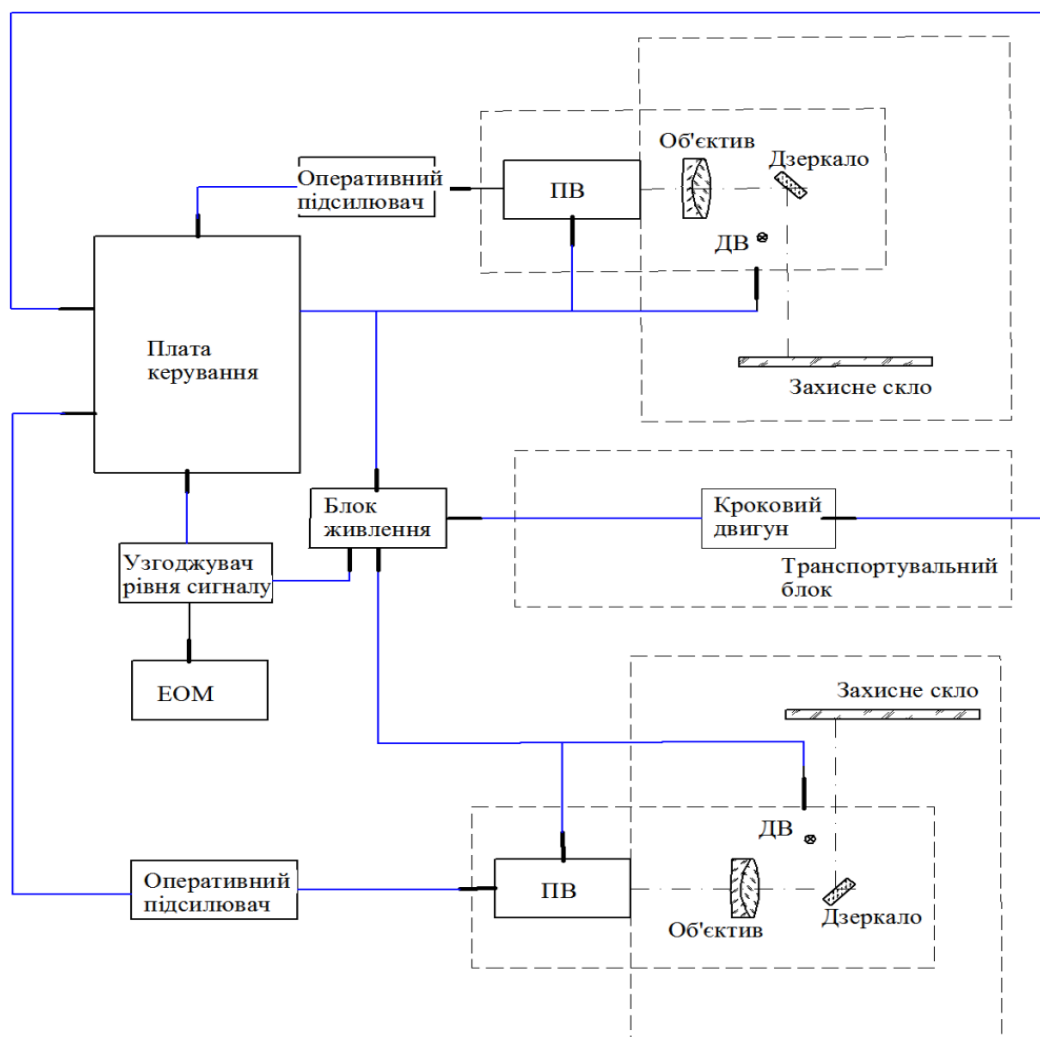


Рис. 2.1 Функціональна схема приладу. ПВ – приймач випромінювання; ДВ – джерело випромінювання

ОЕП успішно працює при перевищенні потоку досліджуваного випромінювача $\Phi_{об}$ над потоком від перешкоди $\Phi_{пом}$ й основним енергетичним рівнянням його є вираження виду:

$$\Delta\Phi = \Phi_{об} - \Phi_{пом} \quad (2.1)$$

то очевидно, що для збільшення $\Delta\Phi$ необхідно прагнути так сконструювати оптичну систему, щоб у її поле зору містилося тільки зображення об'єкта.

Однак, враховуючи, що практично такого випадку не може бути, тому що, наприклад, зображення об'єкта може бути нестабільним за

формою й розмірами, а також той факт, що в більшості практичних випадків досліджувані або контрольовані випромінювачі мають малі видимі розміри, звичайно прагнуть лише до зменшення поля зору оптичної системи. При цьому дуже часто виникає питання про те, як сполучити переваги системи з вузьким полем зору відносно її перешкодозахищеності з вимогами мати велике поле зору, необхідне, наприклад для того, щоб визначити наявність і розташування об'єкта випромінювання. Це призвело до створення систем, у яких миттєве вузьке поле зору переглядає набагато більше широке поле огляду.

Пристрій, що дозволяють робити аналіз досліджуваного простору шляхом послідовного його перегляду, називаються скануючою системою.

Оптичне сканування полягає в тому, що з метою одержання електричного сигналу, миттєві значення якого пропорційні значенням досліджуваного параметра поля (яскравість, температура), відбувається послідовний перегляд поля або його зображення. Як видно із цього визначення, скануючі системи можуть містити в собі й оптичній системі, що створює зображення, і приймач випромінювання, що створює електричний сигнал. Тому іноді під терміном «оптична скануюча система» розуміють весь ОЕП, що слугує задачі аналізу поля зору.

Сканування може здійснюватися як у просторі об'єктів, так й у просторі зображень. У нашому випадку виробляється послідовний перегляд вузькою діафрагмою миттєвого поля зору широкого поля огляду - поля зору об'єктива.

Вибір траєкторії сканування виробляється виходячи з форми аналізованого поля, ймовірностей розподілу яскравості або знаходження джерела випромінювання по зонах цього поля, часу, що відводить на аналіз, можливості простого конструктивного здійснення системи.

Далеко не завжди вибирається така траєкторія сканування, при якій відбувається перегляд усього без винятку поля огляду. Часто протягом одного періоду сканування, тобто часу, за яке відбувається перегляд поля й система повертається у вихідне положення, траєкторія сканування заповнює поле огляду із пропусками окремих зон. Це знижує ймовірність виявлення випромінювача в поле огляду, але значно підвищує швидкодія системи, обумовлена періодом сканування $T_{ск}$ або частотою сканування:

$$f_{ск} = \frac{1}{T_{ск}}. \quad (2.2)$$

Величину періоду сканування можна орієнтовно обчислити, якщо відомі постійна часу електронної схеми $\tau_{э}$, величина поля огляду $\beta_{обз}$, розмір елемента розділення $\Delta\beta$, тобто величина яку система ще може розділити, а також ступінь заповнення поля огляду цими елементами розділення (елементи розкладання). При суцільному рядковому скануванні всього поля, тобто коли число елементів дозволу визначається відношенням $\beta_{обз}/\Delta\beta$, час для сканування одного рядка $T_{ск}$ виражається формулою:

$$T_{ск} \geq \frac{\tau_{э}\beta_{обз}}{\Delta\beta} + \tau_{г}, \quad (2.3)$$

де $\tau_{г}$ — час повернення системи у вихідне, нульове положення.

Якщо уздовж скануючого рядка в площині зображення розташований не один, а n приймачів, то

$$T_{ск} \geq \frac{\tau_{э}\beta_{обз}}{n\Delta\beta} + \tau_{г}, \quad (2.4)$$

Відношення першого доданка в правій частині останнього вираження, тобто «активного» часу сканування, до величини $T_{ск}$ називається іноді коефіцієнтом сканування $\eta_{ск}$. За умови відсутності пропусків і перекриттів

при взаємному відносному переміщенні об'єктива приладу та скануючого простору з кутовою швидкістю $\omega_{ск}$ уздовж напрямку сканування необхідно забезпечити умови, при яких кутова швидкість руху осі скануючого елемента $\Omega_{ск}$ у цьому ж напрямку була більше $\omega_{ск}$, тобто:

$$\Omega_{ск} \sim \frac{n\Delta\beta}{\tau_3\beta_{обз}} \geq \omega_{ск}. \quad (2.5)$$

Досить розповсюдженими елементами оптичних скануючих пристроїв є обертові або хитні плоскі дзеркала. Сканування у двовимірному просторі здійснюється шляхом коливання дзеркала з різними швидкостями навколо осей обертання, що лежать у площині дзеркала, або обертанням дзеркала навколо осі, що не лежить у його площині. Залежно від співвідношення між швидкостями коливання дзеркала міняється вид розгорнення. Найпоширенішим являється рядкове розгорнення поля, при якій швидкість обертання (коливання) навколо однієї з осей значно перевищує швидкість обертання дзеркала навколо другої осі. Іноді потрібно, щоб напрямок перегляду поля огляду було постійним для кожного рядка. У такому випадку часто половина періоду коливання дзеркала губиться марно, тому що воно в цей час повертається із крайнього положення в початкове, тобто коефіцієнт сканування $\eta_{cr}=0,5$. З метою усунення цього недоліку застосовується не одне плоске дзеркало, а дзеркальні барабани; для відносного зрушення рядків сканування грані барабанів можуть бути нахилені під різними кутами до осі обертання. У такій системі потрібно здійснювати обертання тільки навколо однієї осі, однак при бажанні мати досить велику кількість рядків розгорнення необхідно становити барабан з великої кількості граней-дзеркал, що збільшує масу та габарити пристрою. Крім того, необхідне ретельне взаємне юстування цих граней.

Найбільш вигідним розташуванням скануючого елемента — плоского дзеркала є установка його перед об'єктивом системи. У цьому випадку воно звичайно не вносить додаткових аберацій. Однак при такій установці габарити його можуть бути дуже великими, і тоді важко досягти частоти сканування поля понад декілька герців (у найкращому разі, декількох десятків герців). Тому коливальне плоске дзеркало або дзеркальний барабан розташовують іноді в збіжний пучок променів, тобто після об'єктива. Габарити дзеркала в такій системі можна значно скоротити, однак і тут є свої істотні недоліки, основними з яких є значне розфокусування в площині зображення, що існує навіть при невеликих кутах прокачування дзеркала ($2\text{—}3^\circ$), а також необхідність мати об'єктив зі збільшеним полем зору в порівнянні із системою, де дзеркало перебуває перед об'єктивом.

2.1 Габаритний розрахунок

Габаритний розрахунок є частиною структурного синтезу приладу, зокрема, його оптичної системи. Ціль габаритного розрахунку полягає в тих габаритних параметрах оптичної системи і її компонентів, по яких стає можливим вибір відсутніх елементів приладу і проведення параметричного синтезу оптичної системи.

Метою габаритного розрахунку є розрахунок тих параметрів оптичних компонентів, що не запропоновані технічним завданням. Це можуть бути фокусні відстані, світлові діаметри компонентів, відстані між компонентами, габарити призм, розміри діафрагм і ін. Розрахунку підлягають усі ті параметри, без яких неможливо скласти габаритну оптичну схему.

2.1.1 Вибір джерела випромінювання

Джерелом світла є флуоресцентні лампи з холодним катодом (джерела локальної світлової плями). Бічне підсвічування дозволяє реалізувати модулі невисокої товщини й з меншим споживанням. CCFL (Cold Cathode Fluorescent Lamp) підсвічування використовується, в першу чергу, у графічних LCD і термін служби CFL підсвічування - до 10 - 15 тисяч годин.

За допомогою CCFL забезпечується підсвічування більших поверхонь і тому вона, переважно, використовується в більших плоско-панельних дисплеях. Для роботи флуоресцентних ламп необхідні перетворювачі, що підвищують напругу до 270 – 300V змінного струму.

Відмінні особливості підсвічування флуоресцентної лампи з холодним катодом (CCFL): висока яскравість, велика довговічність, мале споживання, випромінювання білого кольору, пряма та бокова під світка, використовується з багатокольоровими та/або точково-матричними модулями рідкокристалічних дисплеїв.

CCFL - лампа представляє собою запаковану стекляну трубу, заповнену інертним газом з невеликими домішками ртуті.

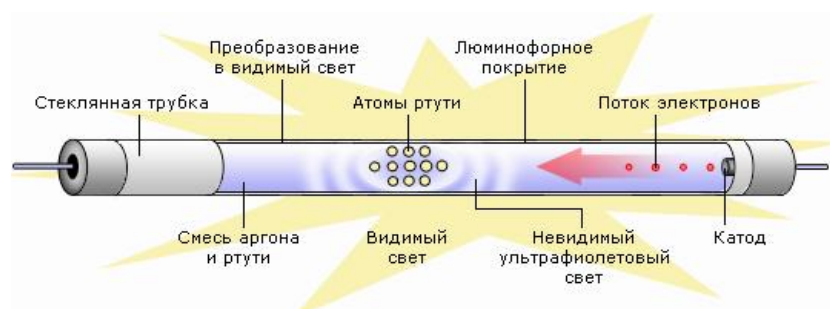


Рис.2.2 Флуоресцентна лампа з холодним катодом

Було обрано джерело випромінювання ССК-10-W фірми Sunbeamtech (рис. 20).

Таблиця. 2.1

Електричні характеристики

Параметр	Значення параметра	Одиниці вимірювання
----------	--------------------	---------------------

Напруга живлення	620 ± 10%	В
Вхідна напруга інвертора	12	В
Вихідна напруга інвертора	680	В
Робочий споживчий струм	5	мА
Частота перетворення напруги живлення	40	КГц
Яскравість	28000-30000	Кд/м ²
Термін роботи	30000	годин

Діаметр трубки : 3 мм

Довжина трубки: 100 мм

Адаптор 12 В в комплекті.



Рис. 2.3 Комплект лампи
Sunbeamtech CCK-10-W

2.1.2 Вибір скла

Скляна поверхня, на яку кладеться оригінал вибирається з конструктивних міркувань. Так як за технічним завданням задано область сканування, то ми обираємо скло у відповідності цих розмірів – 40x130 мм, а товщина скла – 3мм для міцності.

2.1.3 Вибір дзеркал

Застосовують плоскі дзеркала з зовнішнім відбиваючим покриттям (суцільним або частково відбиваючим і частково пропускаючим світлом). Плоскі дзеркала застосовуються в тих випадках, коли вони дають вигоду в вазі та простоті конструкції порівняно з відбиваючими призмами.

Форми дзеркала різноманітні. Товщина залежить від розміру, способу кріплення та головним чином від відповідної точності поверхні.

Плоскі дзеркала невисокої точності мають широке застосування в невідповідальних вузлах [14]. Грубі дзеркала (випромінюючі системи) $d \geq \left(\frac{1}{15} - \frac{1}{25}\right) l$. Нахил дзеркала (рис. 2.4) з оптичною віссю складає 45° , для зменшення габаритів приладу, $D = 20$ мм - ширина дзеркала, $n = 1,5183$ показник заломлення скла марки К8, $\varepsilon = 45^\circ$, $d = 3$ мм – товщина дзеркала, $l = 70$ мм – довжина дзеркала.

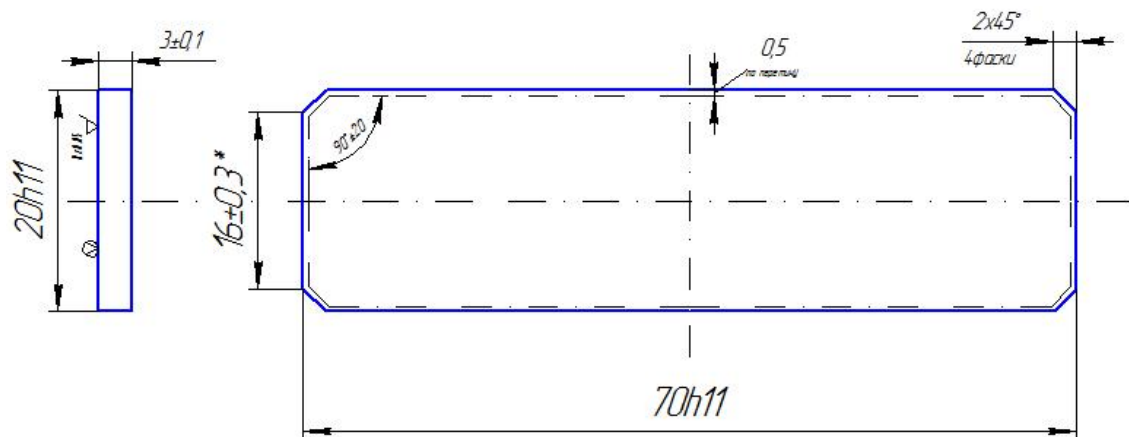


Рис. 2.4 Схема відбиваючого дзеркала.

2.1.4 Розрахунок об'єктиву

За умовою досліджуваній оригінал має розміри 70x130 мм, а довжина ПЗЗ-лінійки дорівнює 75 мм. З цих міркувань можна розрахувати збільшення об'єктива:

$$\beta = -\frac{y'}{y}, \quad (2.6)$$

де y' - розмір зображення;

y - розмір предмету.

Отже, розрахуємо збільшення об'єктива:

$$\beta = -1.08^\times.$$

Розрахуємо фокусну відстань об'єктива за формулою, що знаходить відстань до площини зображення L :

$$L = f' \left(2 - \beta - \frac{1}{\beta} + \frac{\Delta HH'}{f'} \right), \quad (2.7)$$

де β - збільшення об'єктива;

$\Delta HH' \ll f'$, тому при розв'язанні практичних задач $\Delta HH' \approx 0$.

Звідси

$$f' = \frac{L}{2 - \beta - \frac{1}{\beta}}, \quad (2.8)$$

Отже, розрахуємо фокусну відстань об'єктива:

$$f' = \frac{160}{2 - (-1.08) - \frac{1}{(-1.08)}} = 40 \text{ мм} \quad (2.9)$$

Розрахуємо a' і a , де

a' - відстань від задньої головної площини до площини зображення;

a - відстань від передньої головної площини до площини предметів.

Врахувавши, що $L = a' - a$ і $\beta = \frac{a'}{a}$, маємо:

$$a = \frac{L}{\beta - 1} = \frac{160}{-1.08 - 1} = -77 \text{ мм}. \quad (2.10)$$

Тоді $a = -77$ мм; $a' = L + a = 160 - 77 = 83$ мм.

Далі розрахуємо мінімальне кутове поле зору об'єктива 2ω , використавши формулу:

$$2\omega = 2\arctg\left|\frac{y}{a}\right| = 2\arctg\left|\frac{70}{-77}\right| \approx 84.5^\circ. \quad (2.11)$$

Об'єктив був вибраний з програми «ASOC », результати розрахунку наведено нижче.

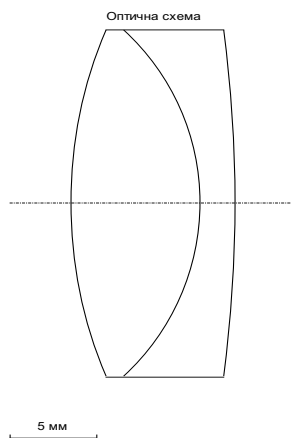


Рис.2.5 Оптическая схема избранного объектива.

ВИХІДНІ ДАНІ:

- Тип компонента Дволінзовий склеєний
- Задня фокусна відстань (f) 40 мм
- Світловий діаметр (D) 20 мм
- Основний параметр Р 0
- Основний параметр W 0
- Параметр хроматизму С 0
- Основна довжина хвилі 0,54607 мкм
- Коротка довжина хвилі 0,47999 мкм
- Довга довжина хвилі 0,64385 мкм
- Каталоги скла ussr_std
- Режим задання марок скла Автоматичний

РЕЗУЛЬТАТИ РОЗРАХУНКУ:

Конструктивні параметри:

Радіус кривизни першої поверхні (R1) 25,43836 мм

Радіус кривизни другої поверхні (R2) -13,6077 мм

Радіус кривизни третьої поверхні (R3) -79,6336 мм

Осьова товщина лінзи 1 (d1) 7,5 мм

Осьова товщина лінзи 2 (d2) 2 мм

Товщина на краю лінзи 1 (d1кр) 1 мм

Товщина на краю лінзи 2 (d2кр) 5,749 мм

Марка скла лінзи 1 ТК12

Марка скла лінзи 2 БФ24

Показник заломлення скла лінзи 1 1,57103

Показник заломлення скла лінзи 2 1,63863

Коефіцієнт дисперсії скла лінзи 1 62,733

Коефіцієнт дисперсії скла лінзи 2 36,576

Аберацийні параметри компонента:

Основний параметр Р -0,00070133

Основний параметр W 4,4409E-16

Параметр хроматизму С 0

Параметр кривизни поверхні зображення Рі 0,67324

Кардинальні параметри оптичного компонента:

Передня фокусна відстань (f) -40,0052 мм

Задня фокусна відстань (f') 40,0052 мм

Передній фокальний відрізок (Sf) -39,0214 мм

Задній фокальний відрізок (S'f') 34,8385 мм

Положення передньої головної площини (Sh) 0,98382 мм

Положення задньої головної площини (S'h') -5,16664 мм

Кардинальні параметри лінзи 1:

Передня фокусна відстань (f_1) -16,6904 мм

Задня фокусна відстань (f_1) 16,6904 мм

Передній фокальний відрізок (Sf_1) -13,3467 мм

Задній фокальний відрізок ($S'f_1$) 14,9018 мм

Положення передньої головної площини (Sh_1) 3,34364 мм

Положення задньої головної площини ($S'h'_1$) -1,78861 мм

Кардинальні параметри лінзи 2:

Передня фокусна відстань (f_2) 26,0063 мм

Задня фокусна відстань (f_2) -26,0063 мм

Передній фокальний відрізок (Sf_2) 25,7517 мм

Задній фокальний відрізок ($S'f_2$) -27,496 мм

Положення передньої головної площини (Sh_2) -0,254553 мм

Положення задньої головної площини ($S'h'_2$) -1,48967 мм

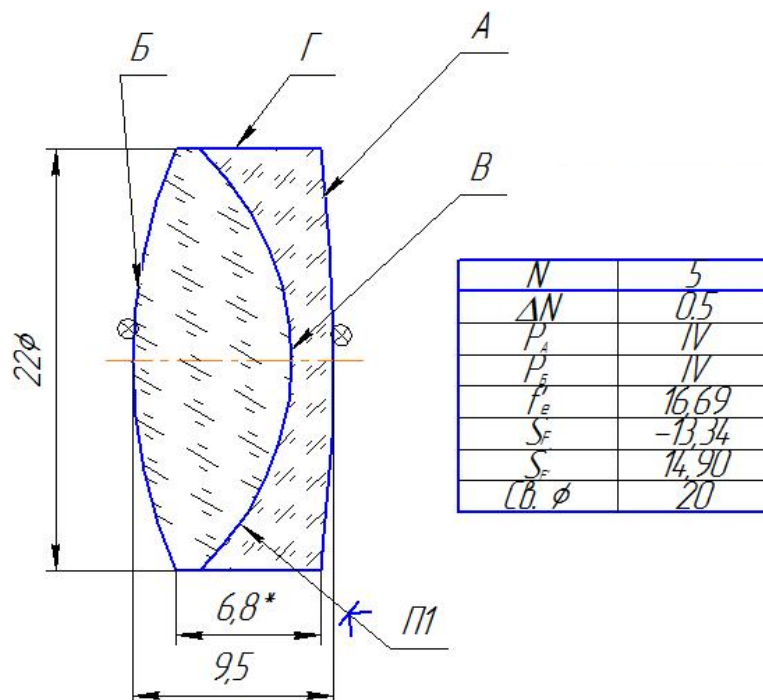
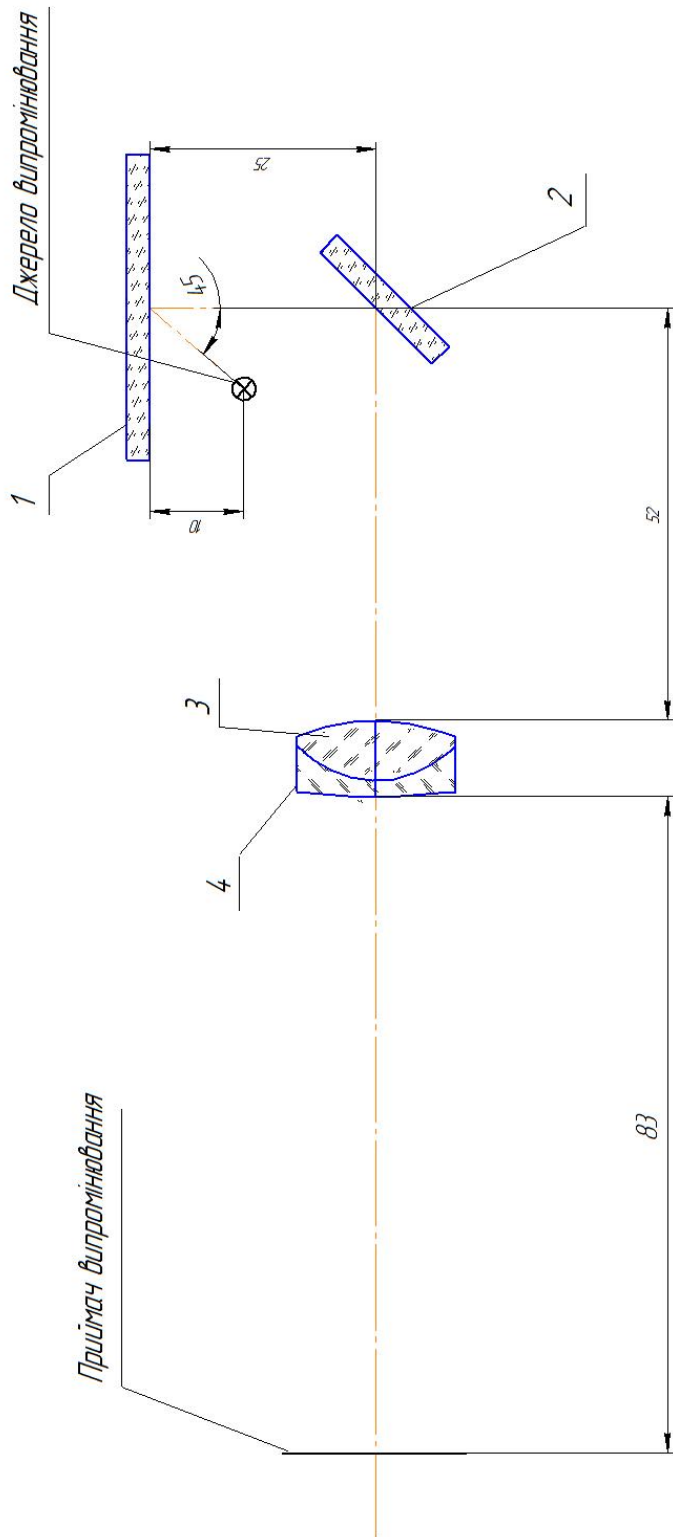


Рис. 2.6 Склеєний об'єктив.



Номер поз. деталі	Найменування одиниці	r'	S_f	S'_f
3,4	Об'єктив	40	-39,02	34,84

Номер позиції деталі	св. ϕ	Стрілка св. ϕ	Кривизна поверхні св. ϕ	Стрілка св. ϕ_2	Товщина по осі
2	20	0	25,43	0,41	52
3	20	0,41	-13,60	0	7,5
4	20	0	-79,53	0	2

Перелік деталей				
Форми	Позначення	Найменування	Кількість	Примітки
1	П062.006.001.005	Захисне скло	1	
2	П062.006.001.004	Дзеркало	1	
3	П062.006.001.101	Лінза	1	
4	П062.006.001.101	Лінза	1	

Рис. 2.7 Оптична схема приладу

2.2 Енергетичний розрахунок

Метою енергетичного розрахунку є одержання енергетичних характеристик приладу, що забезпечують виконання поставлених вимог.

У процесі енергетичного розрахунку потрібно одержати значення корисного сигналу на виході приладу при тій чи іншій зміні вимірюваної величини.

У нашому випадку в процесі проведення енергетичного розрахунку буде здійснено:

- вибір приймача випромінювання;
- розрахунок втрат випромінювання в оптичній системі;
- визначення опромінення в площині аналізатора;
- визначення корисного сигналу з приймача випромінювання.

2.2.1 Вибір приймача випромінювання

У якості приймача випромінювання було обрано лінійку фірми „NEC” μ PD3719, параметри якої представлені нижче. Вона представляє собою кольорову лінійку (трьохрядну, 3×10600 елементів), з великим динамічним діапазоном. Забезпечує розділення до 1200 дрі.

Таблиця 2.2

Характеристики приймача випромінювання:

Параметр	Значення	Одиниці вимірювання
Чутливість	1,3...4,3	В/(лк/с)
Енергетичне споживання	500	мВт
Нерівномірність фотовиходу	6	%
Напруга насичення	5	В
Випадковий шум	0,5	мВ
Середній темновий струм	3	мВ

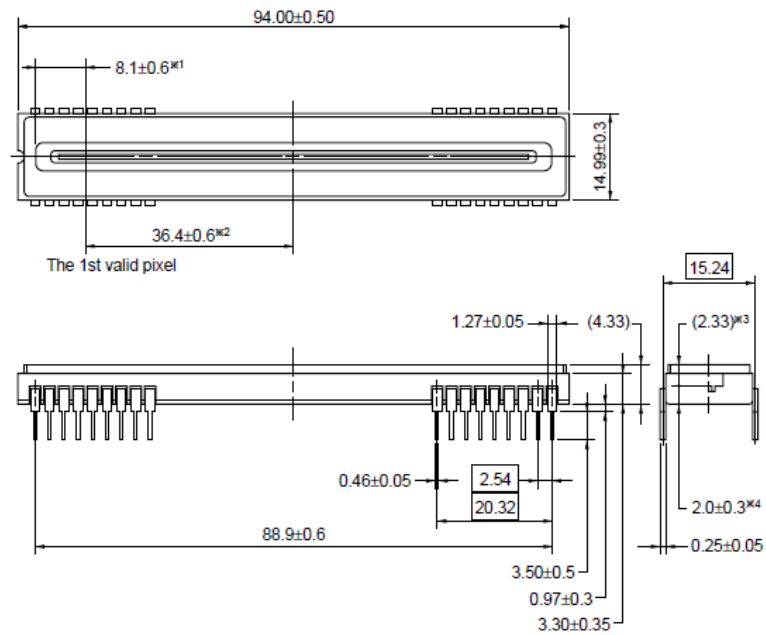


Рис 2.8

- Valid photocell : 10600 pixels × 3
- Photocell's pitch : 7 μm
- Line spacing : 70 μm (10 lines) Red line-Green line, Green line-Blue line
- Color filter : Primary colors (red, green and blue), pigment filter (with light resistance 10^7 lx·hour)
- Resolution : 48 dot/mm A4 (210 × 297 mm) size (shorter side)
1200 dpi US letter (8.5" × 11") size (shorter side)
- Drive clock level : CMOS output under 5 V operation
- Data rate : 2 MHz MAX.
- Power supply : +15 V
- On-chip circuits : Reset feed-through level clamp circuits
Voltage amplifiers

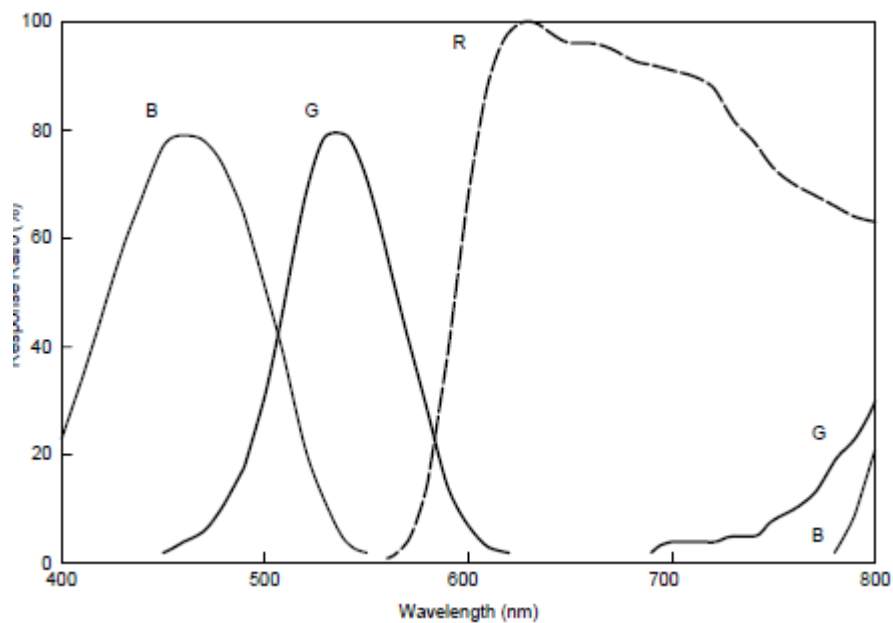


Рис 2.9. Спектральна характеристика приймача

2.2.2 Розрахунок втрат випромінювання в оптичній системі

Потік випромінювання, при проходженні оптичної системи, зазнає втрат за рахунок поглинання випромінювання компонентами, відбиття випромінювання від компонентів, розсіювання випромінювання. Далі розглянуто проходження потоку через оптичну систему, враховуючи втрати. Для того, щоб порахувати величину корисного сигналу на виході приймача потрібно враховувати втрати в оптичній системі.

Фізичні втрати мають різну природу, по-різному виявляються і залежать від різних параметрів і характеристик, як випромінювання, так і середовища його поширення [15]. У теорії фізичної оптики розглядаються такі процеси, як:

- відбиття від оптичних поверхонь;
- поглинання випромінювання в оптичних середовищах;
- розсіювання випромінювання.

З аналізу оптичної схеми видно, що втрати відбуваються на склі, на дзеркалах і в об'єктиві.

Як відомо з загальної теорії оптичних приладів, загальні фізичні втрати визначаються за формулою :

$$\tau_{oc} = \tau_{ск} \cdot \rho_{дзерк} \cdot \tau_{об} \quad (2.12)$$

$\rho_{дзерк}$ – коефіцієнт відбиття дзеркала, $\rho_{дзерк} = 0.9$ (по ТУ).

Коефіцієнт пропускання скла :

$$\tau_{ск} = (1 - \rho)^2 \tau_{\mu} \quad (2.13)$$

де $\rho = \left(\frac{n-1}{n+1} \right)^2$ – коефіцієнт відбиття;

n – показник заломлення.

$$\rho_1 = \left(\frac{1 - n_1}{1 + n_1} \right)^2 = \left(\frac{1 - 1,5183}{1 + 1,5183} \right)^2 = 0,043 \quad (2.14)$$

Коефіцієнт поглинання в середовищі скла:

$$\tau_\mu = \Pi(1 - \mu)^d = (1 - 0.0025)^3 = 0.9925 \quad (2.15)$$

μ – показник ослаблення середовища, см^{-1} ;

d – товщина деталі по осі.

$$\tau_{ck} = (1 - 0.043)^2 \cdot 0.9925 = 0.91 \quad (2.16)$$

Коефіцієнт пропускання об'єктиву :

Так як об'єктив- це система з двох лінз, то потрібно розрахувати коефіцієнти пропускання кожної лінзи.

$$\tau_{об} = \tau_1 \cdot \tau_2 \quad (2.17)$$

$$\tau_1 = (1 - \rho)^2 \cdot \tau_\mu = (1 - 0,049)^2 \cdot 0,986 = 0,89 \quad (2.18)$$

$$\tau_\mu = \Pi(1 - \mu)^d = (1 - 0.0025)^{5.5} = 0.986 \quad (2.19)$$

$$\tau_2 = (1 - \rho)^2 \tau_\mu = (1 - 0,058)^2 \cdot 0,99 = 0,878 \quad (2.20)$$

$$\tau_\mu = \Pi(1 - \mu)^d = (1 - 0.0025)^3 = 0.99 \quad (2.21)$$

$$\text{Тоді } \tau_{об} = \tau_1 \cdot \tau_2 = 0.89 \cdot 0.878 = 0.78 \quad (2.22)$$

Коефіцієнт проходження системи дорівнює:

$$\tau_{oc} = \tau_{ск} \cdot \rho_{дзерк} \cdot \tau_{об} = 0,575 \quad (2.23)$$

2.2.3 Розрахунок освітленості в площині приймача зображення

У цій частині роботи буде проведений розрахунок освітленості, яка потрапляє на приймач зображення (ПЗЗ-лінійку).

Потік випромінювання, який потрапляє в площину встановлення зразка ослаблений склом. Тому цей потік буде визначатися потоком, який випромінює лампою з урахуванням ослаблення в склі і знаходиться за формулою:

$$\Phi = \Phi_0 \tau_{ск}, \quad (2.24)$$

$$\text{де } \Phi_0 = \pi L A_1$$

де Φ_0 – потік лампи, враховуючи те, що у нас ламбертовий випромінювач, $\tau_{ск}$ – коефіцієнт пропускання скла,

L - яскравість лампи, A_1 - площа джерела випромінювання,

$$\Phi_0 = \pi L A_1 = 3.14 \cdot 0.3 \cdot 10^{-3} \cdot 450 = 4.24 \text{ лм.} \quad (2.25)$$

Тепер необхідно перевести фотометричну величину в енергетичну, скористаємося формулою для зеленого кольору:

$$\Phi_{0e} = \frac{\Phi_0}{683} = \frac{4.24}{683} = 6.2 \cdot 10^{-3} \text{ Вт} \quad (2.26), \text{ тоді}$$

$$\Phi = 6.2 \cdot 10^{-3} \cdot 0.91 = 5.7 \cdot 10^{-3} \text{ Вт.}$$

Далі знайдено освітленість E площини встановлення зразку з виразу:

$$E = \frac{\Phi}{A_2}, \quad (2.27)$$

де A_2 – площа освітленої площини зразку.

$$E = \frac{\Phi}{A_2} = \frac{5.7 \cdot 10^{-3}}{1.4 \cdot 10^{-3}} = 4.07 \text{ Вт/м}^2. \quad (2.28)$$

Площина встановлення зразку являється вторинним випромінювачем. Вона дифузно-розсіююча і плоска, тому

$$L = \frac{\rho \cdot E}{\pi}, \quad (2.29)$$

де ρ - коефіцієнт розсіювання, ρ чорного дорівнює 0.1, а білого – 0.8.

$$L_1 = \frac{\rho \cdot E}{\pi} = \frac{0.1 \cdot 4.07}{3.14} = 0.12 \text{ Вт/(стр м}^2) \quad (2.30)$$

$$L_2 = \frac{\rho \cdot E}{\pi} = \frac{0.8 \cdot 4.07}{3.14} = 1.03 \text{ Вт/(стр м}^2) \quad (2.31)$$

Потім знайдемо освітленість E' в площині ПЗЗ-лінійки:

$$E' = \frac{\pi \cdot L \cdot \cos}{4} \cdot \left(\frac{D}{f'} \right)^2, \quad (2.32)$$

де D - світловий діаметр об'єктиву, f' – задня фокусна відстань, Маємо

$$E'_1 = \frac{3.14 \cdot 0.12 \cdot 0.575}{4} \left(\frac{0.02}{0.04} \right)^2 = 1.3 \cdot 10^{-2} \text{ Вт/м}^2; \quad (2.33)$$

$$E'_2 = \frac{3.14 \cdot 1.03 \cdot 0.575}{4} \left(\frac{0.02}{0.04} \right)^2 = 11.6 \cdot 10^{-2} \text{ Вт/м}^2. \quad (2.34)$$

2.2.4 Розрахунок корисного сигналу на виході приймача випромінювання та відношення “сигнал/шум”

На результатах цього розрахунку буде базуватися вибір електронних компонентів системи подальшої схеми.

Знайдемо час накопичення елементів приймача випромінювання:

$$T_H = T_1 N, \quad (2.35)$$

де T_1 – час зчитування одного елементу і який дорівнює $T_1 = \frac{1}{f}$,

$N = 10600$ – кількість елементів приймача випромінювання,

$f = 2 \cdot 10^6$ Гц – полоса частот (N і f – паспортні дані приймача випромінювання, які приведені в Додатку 2)), звідки $T_H = \frac{N}{f}$,

$$T_H = \frac{10600}{2 \cdot 10^6} = 5.3 \cdot 10^{-3} \text{ с.} \quad (2.36)$$

Інтегральна чутливість приймача:

$$S_I = \frac{U}{H}, \quad \text{де } U - \text{напруга з паспортних даних } 15 \text{ В, } H - \text{експозиція } 0.5$$

лк с.

$$S_I = \frac{U}{H} = \frac{15}{0.5} = 30 \quad \text{В м}^2/\text{Дж} \quad (2.37)$$

Корисний сигнал визначається за формулою:

$$U_c = T_H \cdot E' \cdot S_I, \quad (2.38)$$

де E' – освітленість приймача випромінювання,

В даному випадку корисний сигнал буде визначатися:

$$U_{c1} = T_H \cdot E'_1 \cdot S_I = 5.3 \cdot 10^{-3} \cdot 1.3 \cdot 10^{-2} \cdot 30 = 2.06 \cdot 10^{-3} \text{ В.} \quad (2.39)$$

$$U_{c2} = T_n \cdot E'_2 \cdot S_I = 5.3 \cdot 10^{-3} \cdot 11.6 \cdot 10^{-2} \cdot 30 = 18.4 \cdot 10^{-3} \text{ В.} \quad (2.40)$$

Значення величини шумового сигналу знаходимо з виразу:

$$U_{ш} = D_S T_n, \quad (2.41)$$

де D_S – темновий сигнал приймача випромінювання (паспортні дані, додаток), $D_S = 0.8 \text{ м} \frac{\text{В}}{\text{с}}$.

$$\text{Тоді, } U_{ш} = D_S T_n = 4.24 \cdot 10^{-6} \text{ В.} \quad (2.42)$$

Із знайдених даних можна визначити відношення сигнал/шум за формулою:

$$\mu = \frac{U_c}{U_{ш}} \text{ – загальна формула.}$$

В нашому випадку вираз для відношення сигнал/шум (по ТУ):

$$\mu_1 = \frac{U_{c1}}{U_{ш}} = \frac{2.06 \cdot 10^{-3}}{4.24 \cdot 10^{-6}} = 485 \quad (2.43)$$

$$\mu_2 = \frac{U_{c2}}{U_{ш}} = \frac{18.4 \cdot 10^{-3}}{4.24 \cdot 10^{-6}} = 4339 \quad (2.44)$$

Згідно розрахунку робимо висновок, що приймач випромінювання буде реєструвати сигнал, який потрапляє на нього.

2.3 Конструкція приладу

Усі основні елементи та блоки приладу кріпляться в легкому корпусі. Корпус виготовляється з пластмаси, має приймальний блок для завантаження купюр, ступінь зношеності яких необхідно оцінити. Купюри завантажуються в блок, після чого блок закривається зовнішньою кришкою. Для фіксування банкнот у стопці їх притискає рухома планка-фіксатор. Далі купюри по одній транспортуються за допомогою транспортної стрічки до першого з двох оптичних блоків.

Кожен з оптичних блоків сканує лицьовий та зворотній бік банкноти. Оптичні блоки кріпляться до стінок корпусу за допомогою планок. Сам оптичний блок складається з тубуса, у якому різьбовим кільцем закріплено об'єктив та ПЗЗ-лінійку, яка кріпиться клеєм на планку. Тубус кріпиться гвинтами до корпусу оптичного блоку, у якому закріплено джерело випромінювання, дзеркало та захисне скло. Захисне скло та дзеркало кріпиться клеєм, а люмінісцентна лампа прикріплюється до корпусу оптичного блоку.

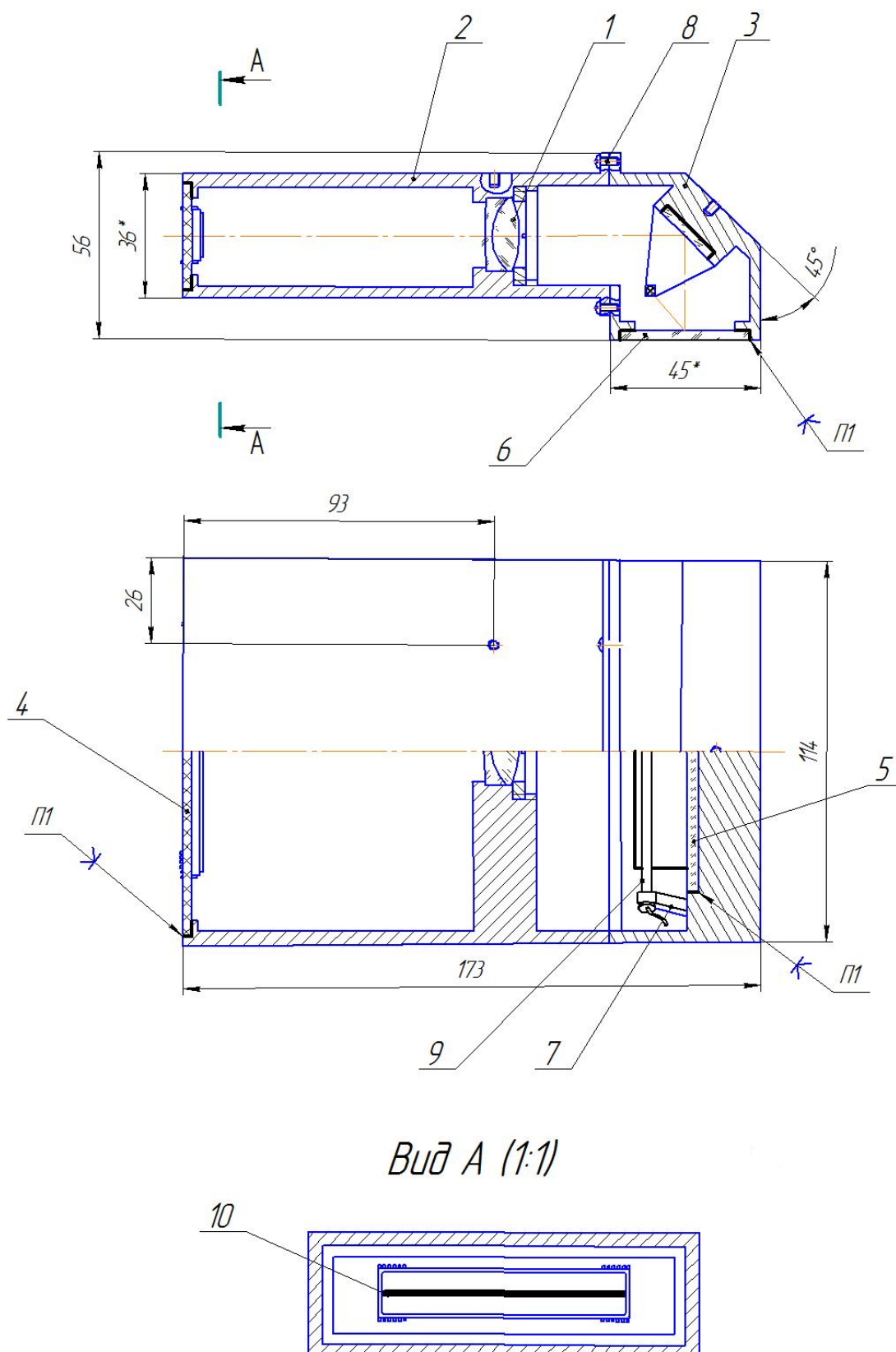


Рис. 2.10 Схема оптичного блоку. 1– вузол об’єктива; 2– тубус; 3 – корпус; 4– планка ПЗЗ-лінійки; 5– дзеркало; 6– захисне скло; 7– кріплення лампи; 8– гвинт; 9– лампа; 10– ПЗЗ-лінійка.

Після обробки сигналу з ПЗЗ-приймача, приймається рішення щодо ступеня зношеності банкноти. Відповідно до цього банкнота відправляється до одного з трьох відсіків. Для того, щоб направити купюру у один з трьох відсіків, передбачено вузли відсіювання купюр. У цих вузлах відбувається зміна напрямку руху купюри по транспортній стрічці.

Після того, як купюри було розділено по трьом відсікам в залежності від ступеня їх зношеності, їх можна вийняти з апарату. Для цього передбачено три кришки на лицьовому боці приладу.

До корпусу також кріпиться блок двигуна та блок живлення. Кроковий двигун забезпечує безперервний рух транспортної стрічки і, відповідно, безперервне сканування купюр.

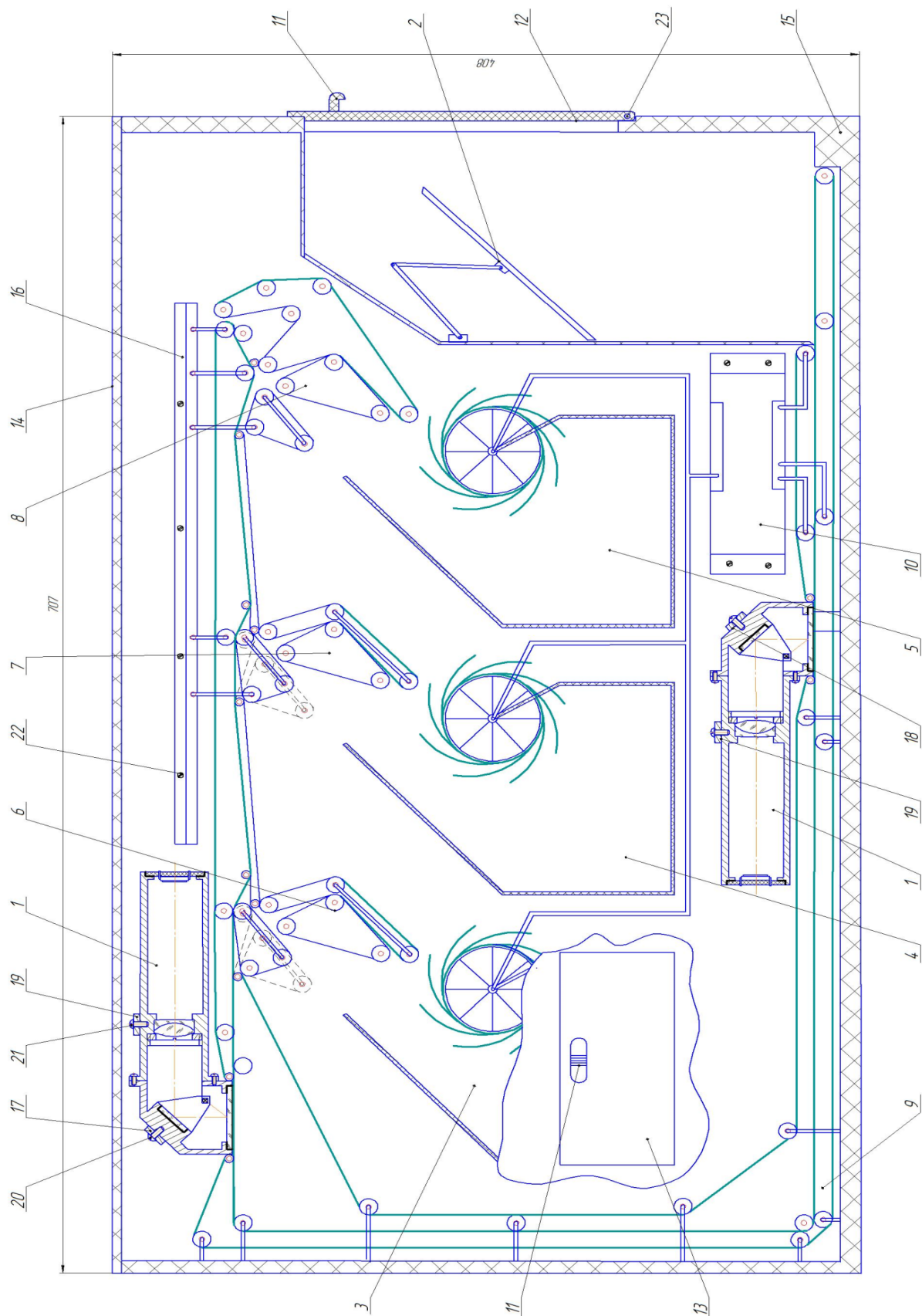


Рис 2.11. Загальна схема приладу. 1-оптичний блок; 2-фіксатор; 3,4,5-відсіки для відсортованих купюр; 6,7,8-вузли сортування; 9-транспортна стрічка; 10-блок двигуна; 11-ручка; 12-кришка приймального блоку; 13-кришка першого відсіку; 14-кришка корпусу; 15-корпус; 16-кронштейн; 17,18,19-планка; 20,21,22,23-гвинт.

РОЗДІЛ 3. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА

Задачі, що пов'язані з обробкою зображень, існують у найрізноманітніших областях науки та техніки [16]. Це може бути, наприклад, аналіз та інтерпретація аерофотознімків, метеорологія та астрономія, аналіз оптичних, рентгенівських, теплових та інших зображень в медичній діагностиці, промислова дефектоскопія та інше. Зростає об'єм задач та підвищуються вимоги до точності та швидкості їх вирішення, це в свою чергу викликало інтенсивний розвиток засобів та методів автоматизації обробки зображень.

Ще в середині ХХ століття обробка зображень в переважній більшості була аналоговою і виконувалася оптичними приладами. Схожі оптичні методи важливі і до сьогодні, в таких областях як, наприклад, голографія[17]. Однак, з стрімким зростанням продуктивності комп'ютерів, ці методи в переважній більшості витіснялися методами цифрової обробки зображень. Методи цифрової обробки зображень зазвичай є більш точними, надійними, гнучкими і простими в реалізації, ніж аналогові методи. У цифровій обробці зображень широко використовується спеціалізоване обладнання, таке як процесори з конвеєрною обробкою інструкцій і багатопроцесорні системи. В основному це стосується систем обробки відео. Обробка зображень виконується також за допомогою програмних засобів комп'ютерної математики, наприклад, PYTHON, Mathcad, Mathematica і ін..

До сучасних типових задач обробки зображень в прикладних та наукових цілях можна включити[18]:

- Розпізнання тексту
- Обробка супутникових знімків
- Машинне бачення
- Обробка даних для виділення різноманітних характеристик

- Обробка зображень в медицині
- Ідентифікація особистості (по обличчю, райдужці ока, дактилоскопічним даним)

- Автоматичне керування транспортними засобами
- Визначення форми об'єкта
- Визначення переміщень об'єкта
- Накладання фільтрів

Саме цифрові фільтри є одні з найпоширеніших та зручних засобів при цифровій обробці зображень. У представленій роботі за допомогою фільтрів буде здійснюватись співставлення еталонного зображення банкноти з банкнотою, зношеність та забрудненість якої необхідно перевірити. Існує два види реалізації цифрового фільтру: апаратний та програмний. Апаратні цифрові фільтри використовуються на елементах інтегральних схем, в свою чергу як програмні цифрові фільтри реалізуються за допомогою програм, які виконує процесор або мікроконтролер. Перевагою програмних фільтрів перед апаратними є легкість впровадження, а також налаштування та зміни, і те, що у собівартість такого фільтру входить тільки робота програміста. Недоліком є складна реалізація цифрових фільтрів вищих порядків (частот).

3.1 Середовище PYTHON

Для створення програмного забезпечення було обрано середовище PYTHON, розроблене фірмою Python Software Foundation. На сьогоднішній день PYTHON - це мова програмування на дуже високому рівні загального призначення, що є орієнтованою на підвищення і покращення продуктивності розробника, а також читання коду. Python підтримує об'єктно-орієнтоване, функціональне, структурне, імперативне і аспектно-орієнтоване програмування. Його основні архітектурні властивості - це

динамічна типізація, автоматичне керування пам'яттю, повна інтроспекція, механізм обробки виключень, підтримка паралельних багатопотокових обрахунків та високорівневі структури даних. В ній підтримується розкладання програм на модулі, які, власне в свою чергу, можуть об'єднуватися в пакети та класи[19]. Сьогодні PYTHON використовують в:

- веб розробці;
- data science: машинне навчання, аналіз даних та візуалізація;
- автоматизація процесів

PYTHON працює майже на усіх відомих нам платформах, є відкритим і безкоштовним програмним забезпеченням, виконується шляхом інтерпретації байт-коду, підтримує декілька об'єктно орієнтованих мов програмування (в тому числі парадигму), код програм є компактным і простим, зручним для читання.

Сучасні інтегровані середовища виконання програм цифрової обробки зображень і сигналів містять потужні засоби для інженерно-наукових розрахунків і візуалізації даних. Більшість сучасних пакетів підтримує візуальне програмування на основі блок-схем. Це дозволяє створювати програми фахівцям, які не володіють технікою програмування. До таких пакетів відноситься Image Processing Toolbox системи PYTHON. Цей пакет володіє потужними засобами для обробки зображень. Вони мають відкриту архітектуру і дозволяють організовувати взаємодію з апаратурою цифрової обробки сигналів, а також підключати стандартні драйвери.

Система PYTHON і пакет прикладних програм Image Processing Toolbox (IPT) є хорошим інструментом розробки, дослідження і моделювання методів і алгоритмів обробки зображень[20]. При вирішенні задач обробки зображень пакет IPT дозволяє йти двома шляхами. Перший з них полягає в самостійній програмній реалізації методів і алгоритмів.

Інший шлях дозволяє моделювати рішення задачі за допомогою готових функцій, які реалізують найбільш відомі методи та алгоритми обробки зображень. І той, і інший спосіб виправданий. Але все ж для дослідників та розробників методів і алгоритмів обробки зображень кращим є другий шлях.

Перш ніж використовувати для вирішення будь-яких завдань обробки зображень стандартні функції пакета ІРТ, розробник повинен досконало їх досліджувати. Для цього він повинен точно знати, який метод і з якими параметрами реалізує та чи інша функція.

У одному та іншому підході до вирішення задачі обробки даних об'єктом дослідження є зображення. Для цього розглянемо коротко особливості представлення зображень в ІРТ.

Зображення бувають векторними і растровими. Растрові зображення є двовимірними масивами, елементи яких (пікселі) містять інформацію про колір. Векторним називається зображення, описане у вигляді набору графічних примітивів, а не кожного пікселя. У цифровій обробці використовуються два види зображень, але другий є більш точним, оскільки при масштабуванні зображення виконується обчислення параметрів усіх об'єктів[21] .

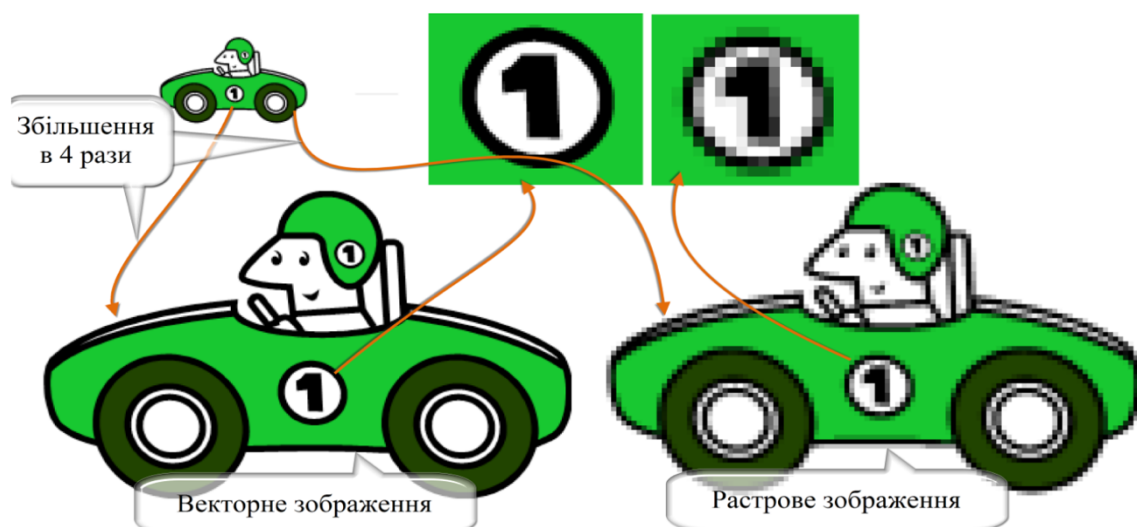


Рис 3.1. Вплив збільшення на якість растрового і векторного зображення

Елементи бінарного зображення можуть приймати тільки два значення - 0 або 1. Природа походження таких зображень може бути найрізноманітнішою. Але в більшості випадків, їх отримують в результаті обробки напівтонових, палітрових або повнокольорових зображень методами бінаризації з фіксованим або адаптивним порогом. Бінарні зображення мають таку перевагу, що вони дуже зручні при передачі даних.

Напівтонове зображення складається з елементів, які можуть приймати одне із значень інтенсивності якого-небудь одного кольору. Це один з найбільш поширених типів зображень, який застосовується при різного роду дослідженнях. В більшості випадків використовується глибина кольору 8 біт на елемент зображення.

В палітрових зображеннях значення пікселів є посиланням на клітинку карти кольорів (палітру). Палітра представляє собою двовимірний масив, в стовпцях якого розташовані інтенсивності колірних складових одного кольору.

На відміну від палітрових, елементи повнокольорових зображень безпосередньо зберігають інформацію про яскравість колірних складових.

Вибір типу зображення залежить від розв'язуваної задачі, від того, наскільки повно і без втрат потрібна інформація може бути представлена із заданою глибиною кольору. Також слід врахувати, що використання повнокольорових зображень вимагає великих обчислювальних витрат.

В залежності від типу зображення вони по-різному представляються в різних форматах. Цей момент буде дуже важливим при створенні програм в середовищі IPT.

3.2 Розробка програми

Програму було розроблено в середовищі Visual Studio Code, оскільки воно має зручний та інтуїтивно зрозумілий інтерфейс. Він містить панелі

інструментів з кнопками (рис. 3.2), вікна з вкладками, командне вікно та інші елементи.

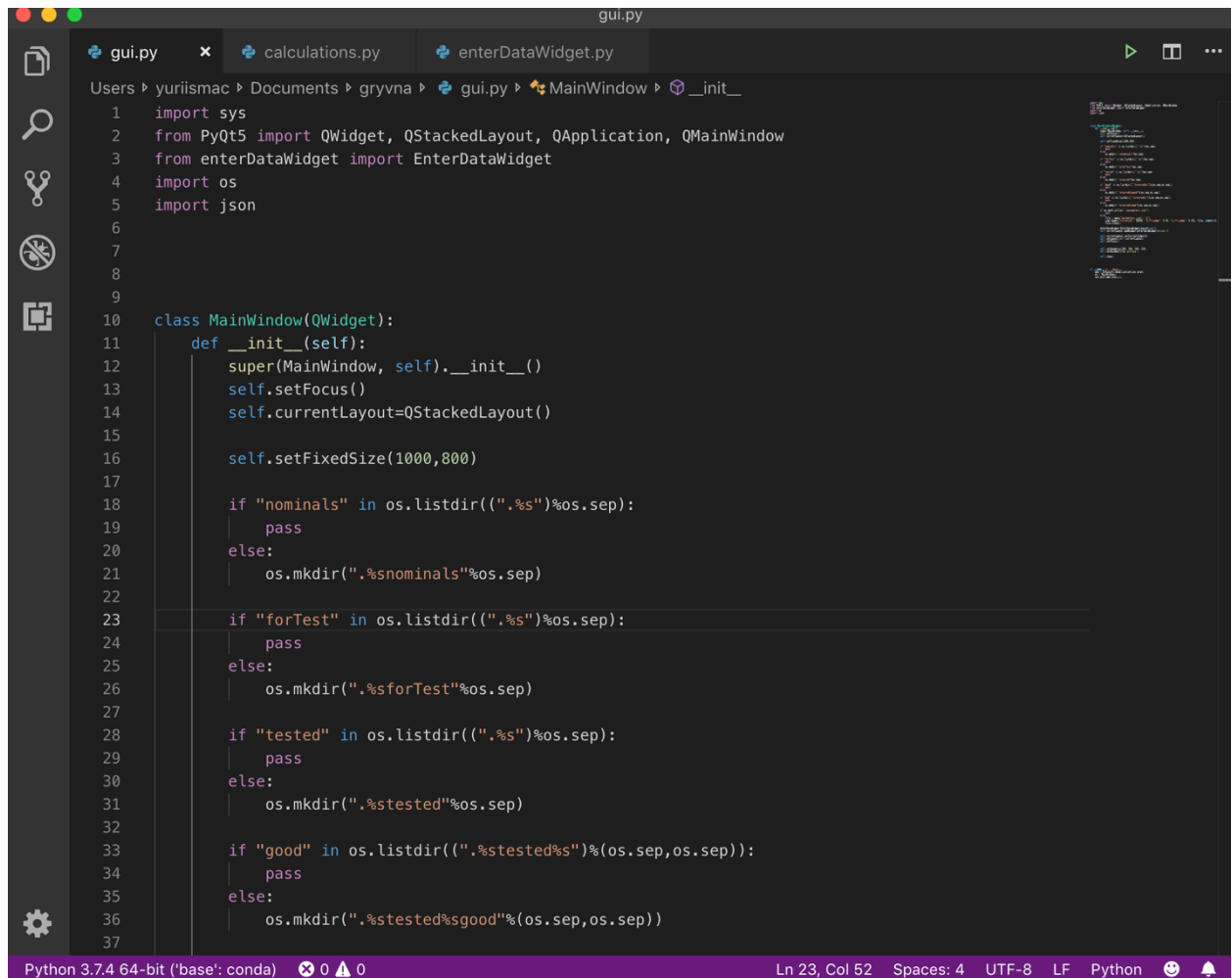


Рис. 3.2 Робоче середовище Visual Studio Code.

Програмне забезпечення, що створюється має назву Gryvna 5.1. Для зручності у користуванні програма запускатиметься не з командного рядка, а у вигляді окремого вікна зі звичним для користувача елементами управління - кнопками. Для цього у VS code передбачено графічний інтерфейс користувача, який має назву GUI. Програма виконує функцію сортування відсканованих купюр різного номіналу у відповідності до ступеню забрудненості паперу.

```
class MainWindow(QWidget):  
    def __init__(self):
```



```

super(MainWindow, self).__init__()
self.setFocus()
self.currentLayout=QStackedLayout()

self.setFixedSize(1000,800)

if "nominals" in os.listdir("%.%s"%os.sep):
    pass
else:
    os.mkdir("%.%snominals"%os.sep)
if "forTest" in os.listdir("%.%s"%os.sep):
    pass
else:
    os.mkdir("%.%sforTest"%os.sep)
if "tested" in os.listdir("%.%s"%os.sep):
    pass
else:
    os.mkdir("%.%stested"%os.sep)
if "good" in os.listdir("%.%stested%s"%(os.sep,os.sep)):
    pass
else:
    os.mkdir("%.%stested%sgood"%(os.sep,os.sep))
if "bad" in os.listdir("%.%stested%s"%(os.sep,os.sep)):
    pass
else:
    os.mkdir("%.%stested%sbad"%(os.sep,os.sep))
if os.path.isfile("./parameters.json"):
    pass
else:
    file = open("parameters.json", "w")
    json.dump({"criterion": 60000, "x_fft_edge": 0.45, "y_fft_edge": 0.45}, file,
indent=4)
    file.close()
enterDataWidget=EnterDataWidget(parent=self)
self.currentLayout.addWidget(enterDataWidget)#index 0
self.currentLayout.setCurrentIndex(0)
self.setLayout(self.currentLayout)

```

```

self.setFocus()
self.setGeometry(300, 300, 500, 250)
self.setWindowTitle('gryvnya')

self.show()
if __name__ == '__main__':
    app = QtWidgets.QApplication(sys.argv)
    ex = MainWindow()
    sys.exit(app.exec_())

```

Користувач бачить на екрані головне вікно (рис. 3.3) програми

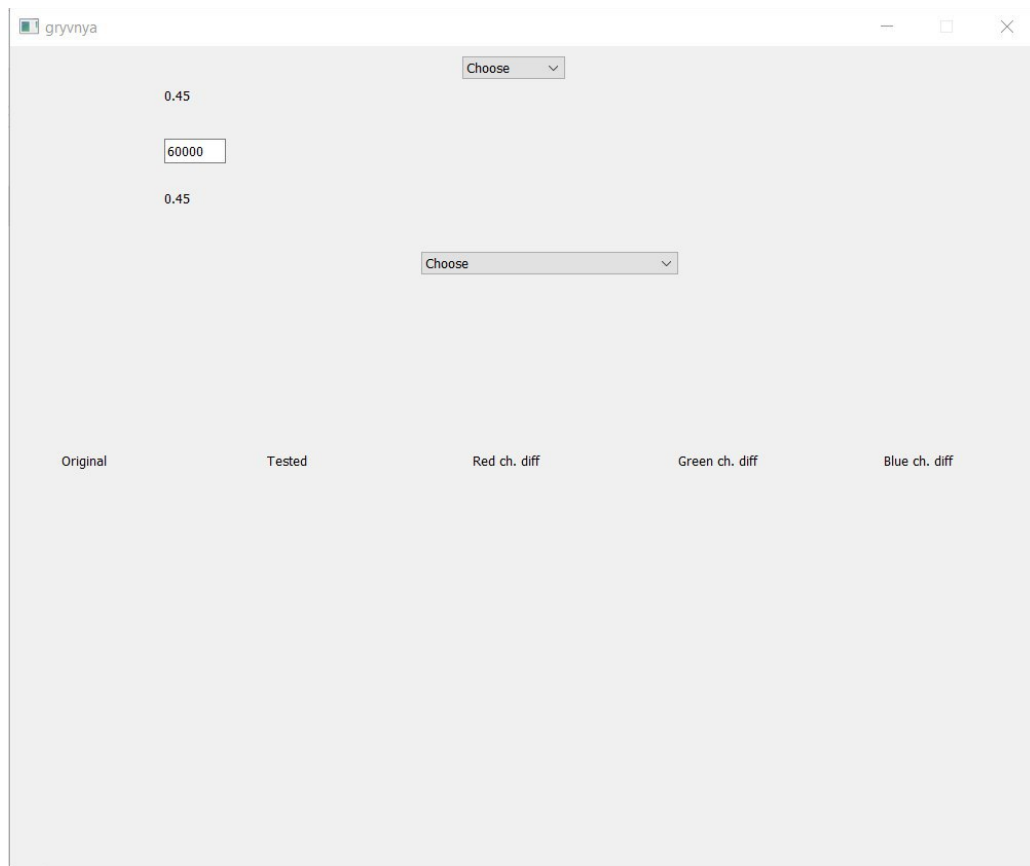


Рис. 3.3 Початкове вікно програми.

У головному вікні представлені усі основні елементи керування програмою кнопки(рис. 3.4).

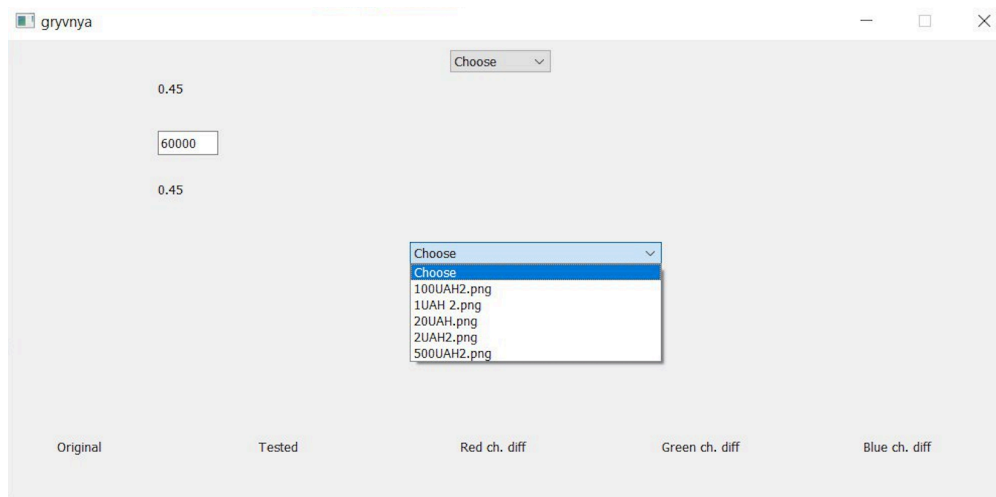


Рис. 3.4 Елементи керування програмою

Для проведення макетних вимірювань програми необхідно завантажити відскановане зображення банкноти, рівень зношеності якої необхідно визначити(робочі варіанти). Зберігаємо файли в одну папку з нашою програмою та починаємо тестувати.

Для початку аналізу обраного зображення необхідно встановити еталон якого номіналу буде використано для співставлення. Для цього у головному вікні необхідно обрати номінал «Choose» У випадяючому списку необхідно обрати номінал банкнот та банкноту для тестування(рис 3.5).

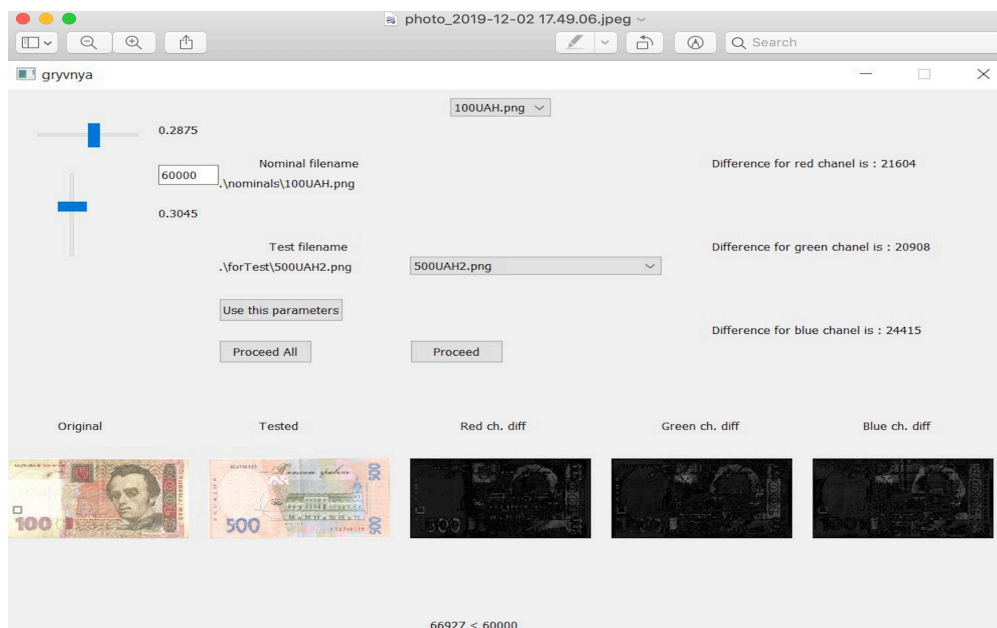


Рис. 3.5 Завантаження зображення та вибір номіналу.

Спочатку розбиваємо зображення на 3 канали(групи пікселей по кольорах rgb): червоний, зелений та синій.

```
self.labelRedErr = QLabel(self)
self.labelRedErr.setFixedWidth(400)
self.labelRedErr.move(700, 80)

self.labelGreenErr = QLabel(self)
self.labelGreenErr.setFixedWidth(400)
self.labelGreenErr.move(700, 180)

self.labelBlueErr = QLabel(self)
self.labelBlueErr.setFixedWidth(400)
self.labelBlueErr.move(700, 280)

self.labelRedMean = QLabel(self)
self.labelRedMean.setFixedWidth(400)
self.labelRedMean.move(700, 130)

self.labelGreenMean = QLabel(self)
self.labelGreenMean.setFixedWidth(400)
self.labelGreenMean.move(700, 230)

self.labelBlueMean = QLabel(self)
self.labelBlueMean.setFixedWidth(400)

self.labelBlueMean.move(700, 330)

red=self.fourier(red,x_edge=data["x_fft_edge"],y_edge=data["y_fft_edge"])-
self.fourier(red,x_edge=0.5,y_edge=0.5)

green=self.fourier(green,x_edge=data["x_fft_edge"],y_edge=data["y_fft_edge"])-
self.fourier(green,x_edge=0.5,y_edge=0.5)

blue=self.fourier(blue,x_edge=data["x_fft_edge"],y_edge=data["y_fft_edge"])-
self.fourier(blue,x_edge=0.5,y_edge=0.5)

red=np.abs(red)
green = np.abs(green)
blue = np.abs(blue)

imageio.imsave("red.jpg", red.astype("uint8"), cmap="gray")
```

```

imageio.imsave("green.jpg", green.astype("uint8"), cmap="gray")
imageio.imsave("blue.jpg", blue.astype("uint8"), cmap="gray")
redTot=int(np.nansum(red)/255)
greenTot = int(np.nansum(green)/255)
blueTot = int(np.nansum(blue)/255)

```

Після цього, вираховуємо з кожного каналу, канал номінального зображення і з кожним з отриманих результатів, робимо двохвимірне перетворення Фур'є[22].

```

red = (test[:, :, 0] - nominal[:, :, 0])
green = (test[:, :, 1] - nominal[:, :, 1])
blue = (test[:, :, 2] - nominal[:, :, 2])
def preproceed(self):
    self.setFourierParams.setVisible(True)

    x_fft_coeff=self.xSlider.value() / self.scaleVal
    y_fft_coeff = self.ySlider.value() / self.scaleVal
    self.ySlider_label.setText(str(y_fft_coeff))
    self.xSlider_label.setText(str(x_fft_coeff))
    redFFT=np.real(filt_im)
    plt.imshow(redFFT)
    print(red.max())
    print(red.min())
    print(redFFT.max())
    print(redFFT.min())
    plt.show()

```

Після завантаження нам необхідних номіналів для тестування, ми натискаємо кнопку «Proceed» і отримуємо результат порівняння придатних і непридатних купюр. На Рисунку 3.6 показано результат тестування, де банкнота, номіналом 500грн є придатною для обігу.

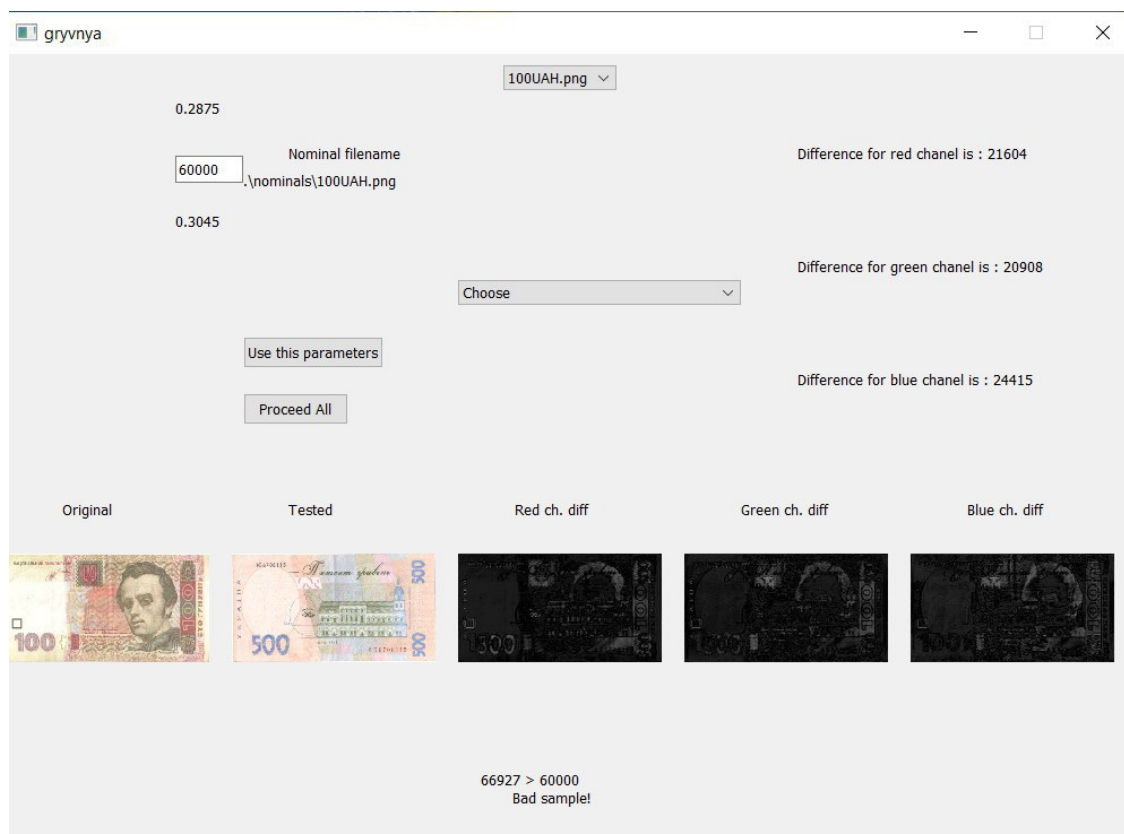


Рис 3.6 Результат тестування

Відскановані зображення банкнот автоматично зберігаються у форматі «png» або «jpeg» у заздалегідь визначеній папці «Tested»(рис. 3.7а), яка в свою чергу має 2 папки «Bad» і «Good»(рис. 3.7б).

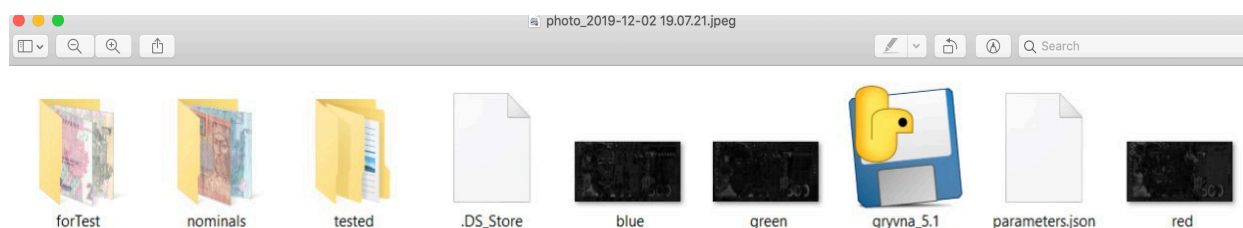


Рис. 3.6 а Збереження відсортованих банкнот

У стендовому режимі зображення необхідно завантажувати вручну, у кінцевому ж варіанті програми завантаження від сканованих зображень здійснюється в автоматичному режимі непомітно для користувача.



Рис. 3.6 б Розподіл відсортованих банкнот

3.3 Висновки до розділу

Робота даного приладу основана на одночасному скануванні лицьового та зворотного сторін банкноти з подальшою цифровою обробкою зображення і сортуванні по ступеню забрудненості(табл. 1). Програмне забезпечення розробляється у пакеті PYTHON (рис.1). Зображення банкноти представляється у вигляді матриці. За допомогою спеціальних фільтрів (масок) можна визначити загальну забрудненість банкноти, потертість чорнил, а також інші ознаки зношеності купюр: плями, отвори, проколи, відірвані краї, тощо. В якості еталону використовуються зображення нових банкнот.

Запропонований метод визначення зношеності банкнот швидкий та зручний, оскільки можна робити перевірку у віддалених населених пунктах маючи тільки сканер і ноутбук. Після цього, ми отримуємо статистику забруднених та непридатних купюр

РОЗДІЛ 4. РОЗРОБКА СТАРТАП ПРОЕКТУ «ПРИЛАД ДЛЯ АВТОМАТИЧНОГО ВИЗНАЧЕННЯ ЗНОШЕНОСТІ ПАПЕРУ»

4.1 Опис ідеї проекту

Робота даного приладу основана на одночасному скануванні лицьового та зворотного сторін банкноти з подальшою цифровою обробкою зображення і сортуванні по ступеню забрудненості.

Таблиця 4.1.

Опис ідеї стартап проекту

Зміст ідеї	Напрямки застосування	Вигоди для користувача
Автоматичне визначення зношеності паперу	Метрологія	Підвищення точності та швидкості обробки зображень
	Аналіз та інтерпретація аерофотознімків	
	Астрономія	
	Промислова дефектоскопія	

Отже, пропонується новий спосіб вирішення великого об'єму задач обробки зображень та підвищуються вимоги до точності та швидкості їх за допомогою автоматизованого методу.

У представлений роботі за допомогою фільтрів буде здійснюватись співставлення еталонного зображення банкноти з банкнотою, зношеність якої необхідно перевірити.

Таблиця 4.2

Інформаційна карта проекту

1.Назва проекту	Прилад для автоматичного визначення зношеності паперу
2.Автори проекту	Павлюк Юрій Миколайович, Богатирьова Галина Вікторівна
3.Коротка анотація	<p>Робота даного приладу основана на одночасному скануванні лицьового та зворотного сторін банкноти з подальшою цифровою обробкою зображення і сортуванні по ступеню забрудненості(табл. 1). Програмне забезпечення розробляється у пакеті PYTHON (рис.1). Зображення банкноти представляється у вигляді матриці. За допомогою спеціальних фільтрів (масок) можна визначити загальну забрудненість банкноти, потертість чорнил, а також інші ознаки зношеності купюр: плями, отвори, проколи, відірвані краї, тощо. В якості еталону використовуються зображення нових банкнот.</p> <p>Запропонований метод визначення зношеності банкнот швидкий та зручний, оскільки можна робити перевірку у віддалених населених пунктах маючи тільки сканер і ноутбук. Після цього, ми отримуємо статистику забруднених та непридатних купюр</p>

4.Термін реалізації проекту	12 місяців
	Тривалість проекту (в місяцях)

5.Необхідні ресурси	Трудові ресурси: 2 ІТ спеціаліста, маркетолог, менеджер. Матеріальні ресурси: Приміщення , комп'ютери, столи, стільці, 2 планшетні сканери, Фінансові ресурси: 100000\$
	Перелік усіх необхідних ресурсів (фінансових, матеріальних інтелектуальній та ін.)
6.Опис проблеми, яку вирішує проект	Зробивши аналіз про стан проблеми визначення платоспроможності банкнот в Україні, ми визначили, що можна автоматизувати етап визначення зношеності банкнот для прискорення цього процесу. Для автоматичного визначення зношеності паперових грошей було запропоновано систему критеріїв оцінки фізичного стану банкнот. До них можна віднести: загальну забрудненість банкноти, наявність отворів, плям або сторонніх написів, потертість фарби, відірвані краї та надриви. Для реалізації цього методу було розроблено схему приладу, який можна віднести до класу банківського обладнання.

8. Головні цілі та завдання проекту	<p>Створити програму, яка за допомогою сканера(в нашому варіанті планшетного) зможе перевіряти банкноти на придатність в різних місцевостях і маючи з собою лише сканер і ноутбук. Це дасть змогу швидко отримати статистику зношеності банкнот у віддалених населених пунктах.</p>
9. Очікувані результати	<p>В результаті роботи очікується створення програми, яка буде перевіряти банкноти на придатність у швидкий та зручний спосіб в порівнянні з низьким рівнем ціни на проект. Система повинна бути дешевою, та по деяким характеристикам відповідати іноземним аналогам (наприклад: відхилення по швидкості і точності вимірювань в межах 10%).</p>

Таблиця 4.3.

Визначення сильних, слабких та нейтральних характеристик ідеї проекту

№ п / п	Техніко-економічні характеристики ідеї	(потенційні) товари/концепції конкурентів	W (слабка сторона)	N (нейтральна сторона)	S (сильна)
------------------	--	---	-----------------------	---------------------------	---------------

								сторона)
		Мій проект	Арсенал	Innovia systems	Giesecke & Devrient			
1.	Вартість програмного забезпечення	Безкошт	\$800	\$1000	\$2000	-		+
2.	Кількість розробників	2	5-6	3-5	10-15	-		+
3.	Автоматизація розрахунків	Автом	Автом	Автом	Автом	-	+	
4.	Інформативність	Інформ	Інформ	Інформ	Інформ	-	+	

Сильною стороною ідеї проекту є безкоштовність програмного забезпечення, в порівнянні з конкурентами де вартість програмного забезпечення дуже висока. Також, сильною стороною є зручність, оскільки можна робити перевірку у віддалених населених пунктах маючи тільки сканер і ноутбук. Варто зазначити, що у розробці продукту брали участь 2 людей, оскільки для такої програми немає необхідності в участі багатьох розробників. Нейтральною стороною є автоматизація розрахунків та інформативність. Недоліком даного приладу є невисока точність вимірювання.

4.2 Технологічний аудит ідеї проекту

В межах даного підрозділу проводимо аудит технології , за допомогою якої можна реалізувати ідею створення проекту.

Визначення технологічної здійсненності ідеї проекту передбачає аналіз складових які вказані в таблиці 4.4.

Таблиця 4.4.

Технологічна здійсненність ідеї проекту

№ п/п	Ідея проекту	Технології і реалізації	Наявність технологій	Доступність технологій
1.	Автоматизація обробки зображень	Голографія	Існуюча технологія	Доступна технологія
		Апаратне забезпечення	Існуюча технологія	Доступна технологія
		Програмне забезпечення	Існуюча технологія	Доступна технологія
		Вдосконалення існуючих аналогів	Існуюча технологія	Доступна технологія
		Автоматизований розрахунок та глобальна оптимізація	Існуюча технологія	Доступна технологія
Обрана технологія реалізації ідеї проекту: Програмне забезпечення				

За результатами аналізу таблиці, можна зробити висновок, що наш проект є програмним забезпеченням. Технології обраного методу є наявними та легкодоступними, а саме головне – вони безкоштовні. Для створення програмного забезпечення було обрано середовище PYTHON,

розроблене фірмою Python Software Foundation. За допомогою цього ПЗ, можна вдосконалити існуючі аналоги на ринку, оскільки сьогодні існують прилади з більш точним скануванням і відповідно до них, можемо створити програмне забезпечення з більш сучасними методами перевірки. Проаналізувавши обраний метод, можна зробити висновок, що реалізація проекту можлива.

4.3 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту

Визначимо ринкові можливості, які можна використати під час ринкового впровадження проекту, та ринкові загрози, які можуть перешкодити його реалізації.

Спочатку проведемо аналіз попиту: наявність попиту, обсяг, динаміка розвитку ринку (таблиця 4.5).

Таблиця 4.5.

Попередня характеристика потенційного ринку стартап-проекту

п/п	Показники стану ринку (найменування)	Характеристика
	Кількість головних гравців, од	4
	Загальний обсяг продаж, грн/ум.од	200 млн. дол
	Динаміка ринку (якісна оцінка)	Зростає (3,2%/рік)
	Наявність обмежень для входу (вказати характер обмежень)	Відсутні

	Специфічні вимоги до стандартизації та сертифікації	Відсутні
	Середня норма рентабельності в галузі (або по ринку), %	15%

Отже, аналіз попередньої характеристики потенційного ринку стартап-проекту показав, що динаміка ринку є позитивною, обмеження для входу та будь-які специфічні вимоги до стандартизації та специфікації відсутні. Звідси можна зробити висновок, що за попереднім оцінюванням потенційний ринок є привабливим для входження. Коефіцієнт рентабельності є не високим, але ринок є перспективним тому що, потребує нових розробок та рішень.

Таблиця 4.6.

Характеристика потенційних клієнтів стартап-проекту

№ п/п	Потреба, що формує ринок	Цільова аудиторія (цільові сегменти ринку)	Відмінності у поведінці різних потенційних цільових груп клієнтів	Вимоги споживачів до товару
	Необхідність у вдосконаленні програмного забезпечення для більш точного сканування	НБУ, фінансові установи які проводять	Ціна, результативність	Приваблива ціна, високий рівень інформативності.

		обробку зображень		
--	--	----------------------	--	--

Цільовою аудиторією є компанії, які проводять сканування на конкретних місцях, що дозволяє швидко оцінити забрудненість паперу маючи з собою лише сканер і комп'ютер. Різна поведінка споживачів спричинена ціною та результативністю методів. Різницею у поведінці компаній є ціна та високий рівень інформативності результуючих зображень.

Після визначення потенційних груп клієнтів проводимо аналіз ринкового середовища. При виході на ринок можуть існувати певні загрози. (табл. 4.7). Ринкові загрози – це події, настання яких може несприятливо вплинути на підприємство.

Таблиця 4.7.

Фактори загроз

№ п/п	Фактор	Зміст загрози	Можлива реакція компанії
1.	Створення нового більш точно програмного забезпечення	Створення конкурентами нових більш результативніших методів	Створення нового ПЗ або вдосконалення запропонованої програми
2.	Оптимізація існуючих методів	Конкуренти можуть	Вдосконалення запропонованої програми

		оптимізувати свої програми	
3.	Бажання клієнтів отримати ще більш точну перевірку	Бажання клієнтів отримати ще більш точну перевірку	Створення нового ПЗ або вдосконалення запропонованої програми
4.	Зниження ціни конкурентами	Конкуренти можуть знизити вартість своїх продуктів або запровадити нові додаткові послуги до них	Знижувати ціну або вдосконалювати запропонований метод
5.	Небажання поновлювати вже існуючі системи	Небажання компаніями переписувати своє програмне забезпечення	Запропонувати з продажем методу безкоштовного налаштування

Аналіз факторів загроз показав, що поведінка конкурентів може завадити виходу на ринок. Конкуренти можуть створити нове програмне забезпечення, або вдосконалити свої існуючі методи. Також, вони можуть знизити ціну на свій метод або запропонувати вигідні умови купівлі обладнання. Тому основними реакціями компанії є оптимізація запропонованої програми та пошук нових результативніших рішень.

Але поряд із колом загроз існують і певні можливості (таблиця 4.8).

Таблиця 4.8.

Фактори можливостей

№ п/п	Фактор	Зміст можливості	Можлива реакція компанії
1.	Потреба клієнтів в результативнішому способі перевірки	Клієнти хочуть отримати більш результативніші методи	Вдосконалення запропонованого методу
2.	Знаходження простого та результативного способу	При аналізі запропонованого методу винайдення нового чи вдосконалення існуючого	Оптимізація запропонованого методу та аналіз існуючих
3.	Можливість встановлення ціни на програму після її вдосконалення	Нові технології можуть сприяти зростанню вартості ПЗ	Впровадження нових технологій або зниження ціни
4.	Вихід на міжнародний ринок	Можливість виходу на міжнародний ринок	Впровадження нових технологій, вдосконалення

			запропонованого методу
--	--	--	---------------------------

Аналіз факторів можливостей показав, що поведінка споживачів може призвести до вдосконалення виробництва, появи нових технологій, виходу на міжнародний ринок, можливості здешевлення методу або його вдосконалення. Тому, є необхідність в подальшому шукати методи вдосконалення методу, аналіз існуючих та впровадження нових технологій.

Після визначення ринкових загроз та можливостей проводиться аналіз пропозиції: визначаються загальні риси конкуренції на ринку (табл. 4.9).

Таблиця 4.9.

Ступеневий аналіз конкуренції на ринку

Особливості конкурентного середовища	В чому проявляється характеристика	Вплив на діяльність підприємства (можливі дії компанії, щоб бути конкурентоспроможною)
1. Монополістична конкуренція	Галузь в основному є конкурентоспроможною, проте існує декілька явних лідерів	Ускладнений вихід на міжнародний ринок
2. Глобальний рівень конкурентної боротьби	Конкуренти з різних країн світу	Здобути першість в Україні

3. Внутрішньогалузева конкуренція	Конкуренція спостерігається лише в галузі оптичного проектування	Розробка більш якісного та просто продукту
4. Ціновий характер	Продукція дуже дорога	Зменшити вартість розробки
5. Марочний характер	Для споживачів має значення «бренд»	Популяризувати власну продукцію
6. Товарно-видова конкуренція	Конкуренція між товарами одного виду	Створення кращої продукції за продукти інших компаній

Ступеневий аналіз конкуренції на ринку показав, що наявна конкуренція в Україні ускладнює вихід на ринок, тому необхідно створити більшу точну програму. На даний момент, мій метод є безкоштовним, тому може конкурувати з 20 існуючими компаніями. Для впровадження методу за кордон, необхідно впроваджувати нові технології.

Після аналізу конкуренції проведемо більш детальний аналіз умов конкуренції в галузі (табл. 4.10).

Таблиця 4.10.

Аналіз конкуренції в галузі за М. Портером

Класифікація аналізу	Прямі конкуренти в галузі	Потенційні конкуренти	Постачальники	Клієнти	Товари-замінники
	Арсенал,	Наявність товарних	Значення розміру поставок для	Торгівельні знаки, прибутки,	Ціна, лояльність

	Inno via Systems Gies ecke & Devrient	знаків, розмір капіталовкл аде н ь, доступ до ресурсів, можливість використан ня новітніх техноглогій	постачальник і в, налагод	система інформації	ь споживач ів
исно вки:	В межах України конкурент на боротьба неінтенсив н а	Є можливості входу на ринок за рахунок гнучкості цін, переваг у затратах.	Постач альники не диктують умови роботи на ринку	Клієнт и диктують певні умови: впізнаваність ь продукту, ціна, реклама, якість	Не ма товарів замінників в

Зробивши аналіз конкурентного ринку, та деякі обмеження з боку клієнтів, можна зробити висновок, що робота на ринку буде дуже важкою, проте можлива через переваги в ціні та не великої різниці в результатах. Для виходу на закордонний ринок, потрібно ще вдосконалювати проект.

На основі проведеного аналізу конкуренції, а також із урахуванням характеристик ідеї проекту, вимог споживачів до товару та факторів маркетингового середовища визначається та обґрунтовується перелік факторів конкурентоспроможності (табл. 4.11).

Таблица 4.11.

Обґрунтування факторів конкурентоспроможності

№ п/п	Фактор конкурентоспроможності	Обґрунтування (наведення чинників, що роблять фактор для порівняння конкурентних проектів значущим)
1	Потреби споживачів	Потреби споживачів обумовлюють необхідність розробки проекту
2	Ціна та собівартість продукції	Співвідношення рівня ціни з цінами основних конкурентів; система диференціації цін в залежності від політики конкурентів
3	Результативність	Завжди досягається кінцевий результат
4	Маркетинговий потенціал	Можливе створення імені на внутрішньому ринку з подальшими рекомендаціями на світовому ринку
5.	Простота експлуатації	Метод простий у використанні та не потребує високої кваліфікації користувачів
6.	Технічне обслуговування	Міжнародна технічна допомога та обслуговування клієнтів

Результат обґрунтування факторів конкурентоспроможності показав, що існує фактор потреби споживачів, який обумовлює необхідність розробки проекту. Цей проект повинен конкурувати за факторами ціни та

собівартості, тобто ціна та собівартість повинні бути меншими в порівнянні з рівнем ціни та собівартістю у конкурентів, простим в експлуатації, тобто не потребувати високого рівня знань у споживачів, а також, повинен бути простим в технічному обслуговуванні.

Таблиця 4.12.

Порівняльний аналіз сильних та слабких сторін «Приладу для автоматичного визначення зношеності паперу»

п/п	Фактор конкурентоспроможності	Бали 1-20	Рейтинг товарів-конкурентів у порівнянні з «Приладом для автоматичного визначення зношеності паперу»						
			3	2	1		1	2	3
	Потреби споживачів	12							
	Ціна та собівартість продукції	20							
	Результативність	11							
	Маркетинговий потенціал	15							
	Простота експлуатації	19							

Порівняльний аналіз сильних та слабких сторін «Приладу для автоматичного визначення зношеності паперу» показав, що в цілому результативність, маркетинговий потенціал та потреби споживачів

запропонованого проекту є дещо слабкими сторонами у порівнянні з конкурентами, тому необхідно покращувати позиції в цьому напрямку. До сильних факторів конкурентоспроможності можна віднести ціну та собівартість продукції та простоту експлуатації.

Таблиця 4.13.

SWOT- аналіз стартап-проекту

Сильні сторони: низька собівартість продукції дає змогу зменшити поріг на кінцеву ціну; технічне обслуговування	Слабкі сторони: слабкий імідж продукції – на ринку певний час компанія буде маловідомою; не повне задоволення потреб всіх споживачів, не висока точність вимірювань
Можливості: можливість створення нового програмного забезпечення чи вдосконалення існуючого; вихід на міжнародний ринок	Загрози: поява нових гравців на ринку; активність конкурентів – конкуренти можуть запропонувати нові додаткові послуги; нові потреби споживачів

SWOT-аналіз стартап проекту дає зрозуміти, що сильними сторонами проекту є низька собівартість, а тому і доступність продукції кожному, простота використання та технічне обслуговування. До слабких сторін належать початковий слабкий імідж продукції на ринку, не повне задоволення потреб деяких користувачів та не висока точність вимірювань. Поява нових гравців на ринку, активність конкурентів та нові потреби споживачів – це ринкові загрози, а поява нових технологій сприятиме збільшенню інтересу, потреб споживачів, а отже і зростанню ринку– це ринкові можливості, до яких можна додати можливість створення нового ринку, вдосконалення запропонованого ПЗ, а також вихід на міжнародний ринок.

Таблиця 4.14.

Альтернативи ринкового впровадження стартап-проекту

№ п/п	Альтернатива (орієнтовний комплекс заходів) ринкової поведінки	Ймовірність отримання ресурсів	Строки реалізації
1	Стратегія нейтралізації ринкових загроз сильними сторонами стартапу	70%	1-4 міс.
2	Приймати участь в міжнародних конференціях	50%	9-12 міс.
3	Запросити професійних інженерів в цій галузі	30%	2-6 міс.

На основі SWOT-аналізу було розроблено альтернативи ринкової поведінки для виведення стартап-проекту на ринок та орієнтовний оптимальний час їх ринкової реалізації з огляду на потенційні проекти конкурентів, що можуть бути виведені на ринок. З усіх альтернатив було обрано проведення робіт по підвищенню кваліфікації робітників компанії – 70%, а строки реалізації – найменшими 1-4 міс. Але не виключається дві інші альтернативи, оскільки вони можуть підвищити імідж серед Українських користувачів, а також серед іноземних.

4.4 Розроблення ринкової стратегії проекту

Розроблення ринкової стратегії першим кроком передбачає визначення стратегії охоплення ринку: опис цільових груп потенційних споживачів.

Таблиця 4.15.

Вибір цільових груп потенційних споживачів

п/п	Опис профілю цільової групи потенційних клієнтів	Гото вність споживачі в сприйняти продукт	Орієн товний попит в межах цільової групи (сегменту)	Іntenс ивність конкуренції в сегменті	Пр остота входу у сегмент
	Метро логічні підприємств а	Гото ві	200 копій	Значн а	Сер едня
	Фінан сові установи	Гото ві	500 копій	Значн а	Лег ко
Які цільові групи обрано: Під час аналізу потенційних груп споживачів було прийнято рішення що компанія буде працювати з фінансовими установами					

Цільовою групою потенційних клієнтів було обрано фінансові установи, оскільки існуючі в них методи є достатньо дорогими. Всі групи готові сприйняти продукт. Орієнтовний попит для першої групи – 200 копій, другої – 500 копій. Інтенсивність конкуренції в сегменті в рамках

України значна, а вхід у сегмент є важким, проте реальним. Оскільки компанія працює з декількома сегментами – вона використовуватиме стратегію диференційованого маркетингу.

Для роботи в обраному сегменті ринку необхідно сформувати базову стратегію розвитку (табл. 4.16).

Таблиця 4.16.

Визначення базової стратегії розвитку

п/п	Обрана альтернатива розвитку проекту	Стратегія охоплення ринку	Ключові конкурентоспроможні позиції відповідно до обраної альтернативи	Базова стратегія розвитку*
	Стратегія нейтралізації ринкових загроз сильними сторонами стартапу	Ексклюзивний розподіл	Доступність продукту, а також його вдосконалення сприятиме залученню нових клієнтів	Стратегія диференціації

Для обраної альтернативи розвитку проекту було обрано ексклюзивний розподіл як стратегію охоплення ринку, а базовою стратегією – стратегію диференціації. Така стратегія є найбільш доцільною, оскільки вона знижує ступінь замінності товару по відношенню до прямих конкурентів, посилює прихильність марці, зменшує чутливість до ціни і тим самим підвищує рентабельність.

Наступним кроком є вибір стратегії конкурентної поведінки (табл. 4.17).

Таблиця 4.17.

Визначення базової стратегії конкурентної поведінки

п/п	№ проект «першопрохідце м» на ринку?	Чи є компанія шукати нових споживачів, або забирати існуючих у конкурентів?	Чи буде компанія копіювати основні характеристи ки товару конкурента, і які?	Страте гія конкурентної поведінки*
	Ні, оскільки у конкурентів реалізовано схожий підхід, але за іншими алгоритмами	Компа нія буде забирати існуючих споживачів у конкурентів і шукати нових	Так, оскільки метод оптимізуєтьс я і буде покращуватис я надалі, а не створюється новий	Страте гія позиціюванн я

Базовою стратегією конкурентної поведінки було обрано стратегію позиціювання, оскільки вона є найбільш доцільною. Компанія показує чим продукт є унікальний, чим відрізняється від конкурентів, чим корисний споживачу, а саме відбувається позиціювання на особливостях технології, що є важливим для споживачів. Також, в таблиці зазначено, що товар не є "першопрохідцем" та буде копіювати основні характеристики товарів у конкурентів.

Таблиця 4.18.

Визначення стратегії позиціонування

п/п	Вимоги до товару цільової аудиторії	Базова стратегія розвитку	Ключові конкурентоспроможні позиції власного стартап-проекту	Вибір асоціацій, які мають сформувати комплексну позицію власного проекту (три ключових)
	Результативність	Стратегія диференціації	Використання сучасного методів та підходів для вирішення поставлених задач	Простота, результативність та швидкодія
	Простота			
	Швидкодія			

Результатом даного підрозділу є система рішень щодо ринкової поведінки компанії, вона визначає в якому напрямі буде працювати компанія на ринку.

4.5 Розроблення маркетингової програми стартап-проекту

Під час розроблення маркетингової програми першим кроком є розробка маркетингової концепції товару, який отримає споживач. У таблиці 4.19 підсумовуємо результати аналізу конкурентоспроможності товару.

Таблиця 4.19.

Визначення ключових переваг концепції потенційного товару

№ п/п	Потреба	Вигода, яку пропонує товар	Ключові переваги перед конкурентами (існуючі або такі, що потрібно створити)
	Приладу для автоматичного визначення зношеності паперу	Дає змогу перевірити банкноти на придатність у швидкий та зручний спосіб	Пропонований метод є універсальним, тому його використання є простим і не потребує високої кваліфікації користувачів

Формування маркетингової концепції товару, який отримає споживач, показало, що споживачі, у яких буде впроваджено даний стартап-проект, будуть задовольнятися потреби, зокрема перевіряти банкноти без при'язки до місця фінансових установ маючи з собою лише ноутбук і ручний сканер.

Далі розробляється трирівнева маркетингова модель товару: уточнюється ідея продукту та послуги, його фізичні складові, особливості процесу його надання (табл. 4.20).

Таблиця 4.20.

Опис трьох рівнів моделі товару

Рівні товару	Сутність та складові
-----------------	----------------------

I. Товар за задумом	Приладу для автоматичного визначення зношеності паперу		
II. Товар у реальному виконанні	Властивості/характеристик	М/ Нм	Вр/Т х /Тл/Е/Ор
	1. Результативність	Нм	Тх
	2. Простота використання	Нм	Е
	3. Швидкодія	М	Тх
	Якість: параметри тестування, стандарти, нормативи, точність, результативність		
	Пакування: програмне забезпечення записане на флешку.		
III. Товар із підкріпленням	До продажу вміння створити та налаштувати програму для роботи		
	Після продажу не потребує особливих навичок		

Опис трьох рівнів моделі товару показав, що основний задум даного стартап-проекту полягає в оптимізації приладу для автоматичного визначення зношеності паперу. Перевагою даного проекту є підвищення рівня результативності в порівнянні з низьким рівнем ціни на проект. До продажу виробникам потрібно мати особливі навички для створення приладу, а після продажу клієнти зможуть користуватися без спеціальних навичок, що робить прилад простим у використанні. Проект буде захищено від копіювання за рахунок патенту на корисну модель та комерційної таємниці.

Наступним кроком є визначення загальних початкових витрат проекту.

Таблиця 4.21

Загальні початкові витрати проекту

№ з/п	Стаття витрат	Обсяги витрат в 0-й рік, тис. грн.
1.	Проведення НДДКР	10
2.	Розробка проектних матеріалів і ТЕО	15
3.	Робоче проектування і прив'язка проекту	15
4.	Витрати на придбання й оренду земельних ділянок, будівель, приміщень, споруд	140
5.	Витрати на придбання обладнання та устаткування та пристроїв	47
6.	Витрати на приймально-здавальні випробування	30
7.	Витрати на пусконаладжувальні роботи	30
8.	Комплексне освоєння проектних потужностей	20
9.	Витрати на придбання нематеріальних активів	32
10.	Одноразові виплати, зокрема гарантуючим і страховим організаціям	20
11.	Витрати на створення оборотного капіталу, необхідного для початку операційної діяльності (створення виробничих запасів, передоплата сировини, матеріалів і комплектуючих виробів, які мають бути поставлені на початку операційної діяльності)	25

12.	Податкові платежі (земельний, комунальний та інші), здійснені до початку операційної діяльності	5
13.	Оплата юридичних послуг	30
14.	Витрати на передвиробничі маркетингові дослідження і створення збутової мережі	10
15.	Витрати, пов'язані з діяльністю персоналу	30
Разом		404

Після цього, ми визначаємо цінові межі, якими необхідно керуватися при встановленні ціни на потенційний товар, це передбачає аналіз цін товарів конкурентів, та доходів споживачів продукту (табл. 4.22).

Таблиця 4.22.

Визначення меж встановлення ціни

№ п/п	Рівень цін на товари- замінники	Рівень цін на товари- аналоги	Рівень доходів цільової групи споживачів	Верхня та нижня межі встановлення ціни на товар/послугу
1	-	\$300- 400	\$800- 1200	\$100-300

Виконавши аналіз рівня цін на товари замітники, товари аналоги та доходів цільової групи споживачів було сформовано нижню \$100 та верхню \$300 межі встановлення ціни на товар, що дає цінову перевагу перед товарами конкурентів.

Таблиця 4.23.

Формування системи збуту

п/п	Специфіка закупівельної поведінки цільових клієнтів	Функції збуту, які має виконувати постачальник товару	Глиби на каналу збуту	Оптим альна система збуту
	На сьогоднішній день клієнти купують продукцію безпосередньо у компанії розробника	- встановлення контактів зі споживачами, їх підтримка; - розробка і реалізація програм з підтримки лояльності клієнтів; - дослідницька робота зі збору маркетингової інформації.	Канал нульового рівня (виробник безпосередньо продає товар клієнту)	Збут продукції відбуватиметься безпосередньо через сайт виробника

Збут товару буде відбуватися через сайт розробника. Завдяки цьому можна легко встановлювати контакти зі споживачами та їх подальшу підтримку, організовувати дослідницьку роботу зі збору маркетингової інформації та розробку і реалізацію програм підтримки лояльності клієнтів.

Останньою складовою маркетингової програми є розроблення концепції маркетингових комунікацій, що спирається на попередньо обрану

основу для позиціонування, визначену специфіку поведінки клієнтів (табл. 4.24).

Таблиця 4.24.

Концепція маркетингових комунікацій

№ п/п	Специфіка поведінки цільових клієнтів	Канали комунікацій, якими користуються цільові клієнти	Ключові позиції, обрані для позиціонування	Завдання рекламного повідомлення	Концепція рекламного звернення
1	Клієнти дізнаються про нові продукти з реклами в інтернеті, наукових публікацій, сайтів компаній, соціальних мереж, за рекомендаціями інших людей	Соціальні мережі, публікації, інтернет	SMM, контент-маркетинг	Представлення товару з метою залучення та зацікавлення клієнтів	«Прилад для автоматичного визначення паперу»

Зважаючи на те, що цільові клієнти більше частину інформації про нові товари отримують через мережу інтернет, сайти, соціальні мережі та публікацій, то доцільними ключовими позиціями було обрано SMM та контент-маркетинг. Завданням рекламного повідомлення є зацікавлення та позиціонування товару новим клієнтам. Також, необхідним є створювати наукові публікації та виступи на наукових конференціях.

4.6 Висновки до розділу

Підсумовуючи проведений аналіз стартап-проекту можна дійти до висновку, що існує великий попит на дану продукцію. Це можна підтвердити динамікою та комплектацією ринку та його потребі у приладі для автоматичного визначення паперу, для отримання швидкої статистики придатності банкнот в різних місцевостях.

Цільовою групою потенційних клієнтів є фінансові установи, адже вони не завжди потребують високого рівня інформативності, а також прилади які у них є завжди достатньо дорогі..

Як альтернативний варіант можна запропонувати застосування та виконання робіт для покращення якості програмного забезпечення. Для популяризації продукту є необхідність у виступах на конференціях за межами України на приймати участь у міжнародних виставках.

Перевагою даного проекту є перевірка банкнот на придатність у швидкий та зручний спосіб порівнюючи з низьким витратами на проект. Для того аби продавати виробникам товару необхідно володіти особливими навиками, аби створити даний прилад. Проте клієнти матимуть змогу користуватися приладом без особливих навиків, що робить його доволі легким у використанні. Для уникнення копіювання та розкриття комерційної таємниці, цей проект буде захищено патентом.

Так як цільова аудиторія дізнається про новий продукт переважно на виставках або через мережу інтернет, спеціальних видань, профільних сайтів та публікацій, ми вирішили, що найбільш правильним шляхом розповсюдження продукції буде через сайт розробника. Крім того, необхідністю є створення наукових публікацій та виступи на наукових конференціях.

Втілення даного проекту є дуже актуальним, адже технології у сфері визначення придатності банкнот набувають особливої популярності та будуть необхідними у майбутньому.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

3. Про затвердження Правил визначення платіжних ознак та обміну банкнот, розмінних та обігових монет національної валюти України [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/v0134500-18#n57>.
4. Про затвердження Положення про ведення касових операцій у національній валюті в Україні [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/v0148500-17>.
5. Как утилизируют деньги [Електронний ресурс] // 812'online – Режим доступу до ресурсу: <http://www.online812.ru/2010/06/21/001/>.
6. ПРИЗНАКИ ВЕТХИХ БАНКНОТ БАНКА РОССИИ [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: http://www.consultant.ru/document/cons_doc/.
7. Fitness Guidelines for Federal Reserve Notes / / Currency Technology Office. – December 11, 2008.
8. СЧЕТЧИКИ БАНКНОТ. [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: http://www.leegak.com.ua/index.php?categoryID=568&category_slug=schetchiki-banknot.
9. САМЫЕ ПОПУЛЯРНЫЕ МОДЕЛИ ДЕТЕКТОРОВ БАНКНОТ [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://yacreditos.com/detektor-valyut-kakoj-luchshe.html>.
10. Щодо впровадження автоматизованих технологічних процесів оброблення готівки в Національному банку України [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/va788500-99>.
11. Fitness Guidelines for Federal Reserve Notes. Federal Reserve System Cash Product Office (CPO). – 2017.
12. DECISION OF THE EUROPEAN CENTRAL BANK on the authenticity and fitness checking and recirculation of euro banknotes

[Електронний ресурс] // Official Journal of the European Union. – 2010. – Режим доступу до ресурсу: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32010D0014>.

13. Павлюк, Ю. М. Оцінка забрудненості паперових грошей / Ю. М. Павлюк, Г. В. Богатирьова // XII Всеукраїнська науково-практична конференція студентів, аспірантів та молодих вчених «Погляд у майбутнє приладобудування», 15-16 травня 2019 р., м. Київ, Україна : збірник праць / КПІ ім. Ігоря Сікорського, ПБФ. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – С. 109–112. – Бібліогр.: 4 назви.

14. ГРИЦАЄВА Д. О. ПРИЛАД ДЛЯ АВТОМАТИЧНОГО ВИЗНАЧЕННЯ РІВНЯ ЗНОШЕНОСТІ БАНКНОТ / Д. О. ГРИЦАЄВА, Г. В. БОГАТИРЬОВА. // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – 2012. – №1. – С. 160.

15. Про затвердження Інструкції про ведення касових операцій банками в Україні [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/v0103500-18>.

16. Назначение и типы зеркал, конструктивные параметры [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: http://de.ifmo.ru/bk_netra/page.php?dir=3&tutindex=46&index=24&layer=1.

17. Каршенбойм С. Г. УСПЕХИ ФИЗИЧЕСКИХ НАУК / С. Г. Каршенбойм. // The State Research Center of the Russian Federation. – 2005. – №175.

18. В.Т. Фисенко, Т.Ю. Фисенко, Компьютерная обработка и распознавание изображений: учеб. пособие. - СПб: СПбГУ ИТМО, 2008. – 192 с.

19. Обработка изображений [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://cybernetics.wikia.org/ru/wiki/>.

20. Цифрова обробка сигналів та зображень : навчальний посібник для студентів спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-

інтегровані технології» / Укладачі : Тотосько О.В., Стухляк П.Д. – Тернопіль : Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя , 2016. – 140 с

21. Мария «Mifrill» Нефедова, Создатели языков программирования: Они такие разные, но коддинг их объединяет, Хакер № 09/08 (117)

22. Краткий курс теории обработки изображений [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://hub.exponenta.ru/post/kratkiy-kurs-teorii-obrabotki-izobrazheniy734#0>.

23. Кветний Р. Н. Комп'ютерне моделювання систем та процесів [Электронный ресурс] / Р. Н. Кветний, І. В. Богач – Режим доступа до ресурсу: <https://web.posibnyky.vntu.edu.ua/fksa/>

24. Гудман Д. ВВЕДЕНИЕ В ФУРЬЕ-ОПТИКУ / Дж Гудман. – Москва: МИР, 1970. – 362 с.

25. XV Науково-практична конференція студентів, аспірантів та молодих вчених «Ефективність інженерних рішень у приладобудуванні», *Павлюк Ю.М., Богатирьова Г.В.* 10-11 грудня 2019р., м. Київ, ПБФ, НТУУ «КПІ». 2019 .